

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 091399

**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PERANCANGAN
PELEPASAN BEBAN PADA JOINT OPERATION BODY (JOB)
PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA**

DENNY YUSUF SEPRIAWAN
NRP 2212 106 032

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT
Febby Agung Pramuji, ST, MT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 091399

**ANALYSIS OF TRANSIENT STABILITY AND PLANNING
LOAD SHEDDING SCHEME ON ELECTRICITY SYSTEM OF
JOINT OPERATION BODY (JOB) PERTAMINA-PETROCHINA
EAST JAVA**

**DENNY YUSUF SEPRIAWAN
NRP 2212 106 032**

**Advisor
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT
Febby Agung Pramuji, ST, MT**

**ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PERANCANGAN
PELEPASAN BEBAN PADA JOINT OPERATION BODY
(JOB) PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA**

TUGAS AKHIR


**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Ir. Margo Pujiatara, MT.
NIP. 196603181990101001


Febby Agung Pramujii, ST, MT
NIP. 198702062012121002



**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PERANCANGAN
PELEPASAN BEBAN PADA JOINT OPERATION BODY
(JOB) PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA**

Nama Mahasiswa : Denny Yusuf Sepriawan

NRP : 2212106032

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

Dosen Pembimbing 2 : Feby Agung Pramuji, ST., MT.

Pada tugas akhir ini analisis yang dilakukan kestabilan transien meliputi kestabilan tegangan, dan kestabilan frekuensi saat terjadi generator lepas, pengasutan motor, dan hubung singkat. *Software* yang digunakan dalam menganalisis fenomena kestabilan transien ini yaitu ETAP 7.5. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kasus lepasnya generator CNT TRBN 2, generator G102-D , generator ONAN DIESEL pada konfigurasi standalone mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil karena jumlah beban yang ditanggung pembangkit lebih besar dari kapasitas pembangkit. Hal ini menyebabkan tegangan dan frekuensi turun. Untuk mengembalikan kestabilan sistem, untuk lepasnya satu generator memerlukan pelepasan beban). Pada kasus lepasnya generator CNT TRBN 2, generator G102-D , generator CNTR TRBN 2 dan CNTR TRBN pada konfigurasi integrasi mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil karena jumlah beban yang ditanggung pembangkit lebih besar dari kapasitas pembangkit. Hal ini menyebabkan tegangan dan frekuensi turun .Untuk mengembalikan kestabilan sistem, untuk lepasnya satu generator memerlukan pelepasan beban. Pada kasus hubung singkat saat konfigurasi belum terintegrasi jika bus MV-SWGR-2-A mengalami hubung singkat 3 fasa bus BB MCC PAD C,BB MCC PAD B,MV-SWGR-2-B, mengalami voltage sagging dengan tegangan terendah mencapai 11%. Selain itu,sistem kelistrikan di plant CPA JOB PPEJ sangat handal dalam hal motor starting sebesar 282KW.

Kata Kunci : Kestabilan transien, gangguan transien, *load shedding*

Halaman ini sengaja dikosongkan

**TRANSIENT STABILITY ANALYSIS AND PLANNING OF
LOAD SHEDDING SCHEME AT JOINT OPERATION BODY
(JOB) PERTAMINA-PETROCHINA EAST JAVA**

AT PT. LINDE INDONESIA GRESIK

***Name of Student* : Denny Yusuf Sepriawan**

***NRP* : 2212106032**

***Consultative Lecturer 1* : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.**

***Consultative Lecturer 2* : Feby Agung Pramuji, ST., MT.**

In this final transient stability analysis conducted include voltage stability, frequency stability, and stability in the event of generator rotor angle off, motor starting and short circuit. Software that is used in analyzing the transient stability of this phenomenon is ETAP 7.0.0. Simulation results show that the loss of a generator when the generator 5 active load shedding schemes require the first stage. In this case, the system frequency dropped to 89.88% and again a steady 97.57% or 48.7 Hz so that load shedding is necessary to improve the system. To restore the stability of the system, requires a 2-stage load shedding by removing 24.63% of the total load (1.444 MW) so that the frequency is stable at 100.1% or 50.05 Hz. In short circuit at 3.15 kV bus, the system frequency drops until it reaches the bottom at 22.43% condition necessitating isolation of disturbance through the opening in source circuit breaker interference. In addition, the case is still allowed when the motor start current generator 6 is not a significant effect on the frequency response and voltage on the system so the system is still in a state that is allowed.

Keywords: Transient Stability, transient disturbances, Load Shedding

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“Analisis Stabilitas Transien dan Perancangan Pelepasan Beban pada Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java”

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak berjasa terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Segenap keluarga, terutama Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk keberhasilan putranya.
2. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. dan Bapak Febby Agung Pramuji, ST, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingannya.
3. Teman teman kos yang selalu memberi semangat dan dukungan ☺
4. Seluruh rekan seperjuangan LJ POWER 2012 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama 2 tahun ini.
5. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS, para dosen, karyawan, mahasiswa, serta rekan-rekan D3 Teknik Elektro atas dukungan, masukan, dan kerjasamanya selama masa kuliah dan Tugas Akhir ini.

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik, koreksi, dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Surabaya, desember 2014

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL

LEMBAR PERNYATAAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Permasalahan	1
1.3	Tujuan.....	2
1.4	Metodologi.....	2
1.5	Sistematika	4
1.6	Relevansi	4

BAB II DASAR TEORI

2.1	Definisi Kestabilan	6
2.2	Kestabilan Sistem Tenaga Listrik	6
2.2.1	Kestabilan Sudut Rotor	8
2.2.2	Kestabilan Tegangan.....	13
2.2.3	Kestabilan Frekuensi.....	14
2.3	Kestabilan Transien	14
2.4	Kejadian yang Mempengaruhi Kestabilan.....	18
2.5	Persamaan Ayunan Generator	19
2.6	Sistem Pengoperasian Pelepasan Beban	22
2.6.1	Pelepasan Beban Secara Manual.....	23
2.6.2	Pelepasan Beban Secara Otomatis	24
2.7	Standar Tegangan	24
2.7	Standar Frekuensi	26
2.7	Standar Pelepasan Beban	26

BAB III SISTEM KELISTRIKAN PLANT CPA JOB P-PEJ(CENTRAL PROCESSING AREA JOINT OPERATING BODY PERTAMINA – PETROCHINA EAST JAVA), TUBAN

3.1. Sistem Kelistrikan <i>Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint Operating Body Pertamina – Petrochina East Java)</i> , Tuban.....	28
3.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik <i>Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint Operating Body Pertamina – Petrochina East Java)</i> , Tuban.....	31
3.3. Beban Pada Sistem Kelitrikan <i>Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint OperatingBody Pertamina – Petrochina East Java)</i> , Tuban.....	31

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN DI PT. ASAHIMAS FLAT GLASS TBK SIDOARJO FACTORY

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan Plant CPA Pertamina-Petrochina Tuban Jatim.....	36
4.2 Studi Kasus Simulasi Stabilitas Transient.....	37
4.3 Simulasi Stabilitas Transient.....	44
4.3.1 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s)	45
4.3.2 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,1s).....	47
4.3.3 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,1s) Load Shedding 2 (t=3,2s).....	49
4.3.4 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s)	51
4.3.5 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (3,441)	53
4.3.6 Mode operasi Gen 102-D OFF. StandAlone : Gen 102-D Delete (t=3s).....	55
4.3.7 Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=13).....	57

4.3.8 Mode operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete (t=3s).....	59
4.3.9 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s)	61
4.3.10 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s) Load Shedding 1(t=3,38).....	63
4.3.11 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s)	65
4.3.12 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s)	67
4.3.13 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF LS 1. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,24).....	69
4.3.14 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF LS 2. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,24) Load Shedding 2 (t=3,41).....	71
4.3.15 Mode operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s)	73
4.3.16 Mode operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s)	75
4.3.17 Mode operasi MtrStart 1. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	77
4.3.18 Mode operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	79
4.3.19 Mode operasi SHORTCIRCUIT. StandAlone : ShortCircuit (t=3,0s) CB open (t=3,01s)	81
4.3.20 Mode operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit (t=3s) CB open (t=3,01s)	83

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA

BIODATA PENULIS.....

LAMPIRAN (*Single Line Diagram*)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tegangan Kedip Standarts SEMI F47 and F42	26
Tabel 2.2	Skema Pelepasan Beban Tiga Langkah	27
Tabel 3.1.	Data Generator pada Plant CPA JOB P-PEJ, Tuban..	28
Tabel 3.2.	Data Trafomator pada Plant CPA JOB P-PEJ, Tuban.	31
Tabel 3.3.	Data Beban Motor pada Plant CPA JOB P-PEJ, Tuban ...	32
Tabel 4.1.	Studi Kasus Analisa Stabilitas Transient	38
Tabel 4.2.	Penjelasan Kasus Stabilitas Transient	41

.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga.....	8
Gambar 2.2.	Single Line Diagram Sistem Dua Mesin.....	10
Gambar 2.3.	Diagram Impedasi Sistem Dua Mesin.....	10
Gambar 2.4.	Diagram Phasor Sistem Dua Mesin	11
Gambar 2.5.	Diagram Skema untuk Studi Kestabilan	12
Gambar 2.6.	Kurva Sudut Daya Karakteristik Respon Generator Pada Keadaan Gangguan	18
Gambar 2.7.	Perubahan Frekuensi Sebagai Fungsi Waktu Dengan Adanya Pelepasan Beban.....	23
Gambar 2.8.	Definisi <i>Voltage Magnitude Event</i> Berdasarkan Standar IEEE 1159-195	26
Gambar 3.1.	Single Line Diagram pada Sistem Kelistrikan Plant CPA JOB P- PEJ Tuban Konfigurasi belum terintegrasi.	29
Gambar 3.2.	Single Line Diagram pada Sistem Kelistrikan Plant CPA JOB P- PEJ Tuban Konfigurasi belum terintegrasi.	30
Gambar 4.1.	Single Line Diagram pada Sistem Kelistrikan Plant CPA JOB P- PEJ Tuban Konfigurasi belum terintegrasi.	36
Gambar 4.2.	Single Line Diagram Konfigurasi Integrasi	37
Gambar 4.3.	Respon Frekuensi Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s).....	45
Gambar 4.4.	Respon Tegangan saat Konf 1. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s).....	46
Gambar 4.5.	Respon Tegangan saat Konf 1. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,3s).....	47
Gambar 4.6.	Respon Trekuensi saat Konf 1. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,3s).....	48

Gambar 4.7.	Respon Tegangan saat Konf 1. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,121s) Load Shedding 2 (t=3,221s).....	49
Gambar 4.8.	Respon Frekuensi saat Konf 1. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=3,1s) Load Shedding 2 (t=3,2s).....	50
Gambar 4.9.	Respon Tegangan saat Konf 2. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s).....	51
Gambar 4.10.	Respon Frekuensi saat Konf 2. Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s).....	52
Gambar 4.11.	Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (3,441).....	53
Gambar 4.12.	Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete (t=3s) Load Shedding 1 (3,441).....	54
Gambar 4.13.	Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete (t=3s).	55
Gambar 4.14.	Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete (t=3s).	56
Gambar 4.15.	Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=13s).....	857
Gambar 4.16.	Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete (t=3s) Load Shedding 1 (t=13s).....	58
Gambar 4.17.	Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete (t=3s)...	59
Gambar 4.18.	Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete (t=3s)...	60

Gambar 4.19. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s).	61
Gambar 4.20. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s).	62
Gambar 4.21. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,36).	63
Gambar 4.22. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,36).	64
Gambar 4.23. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s).	65
Gambar 4.24. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DISESL Delete (t=3s).	66
Gambar 4.25. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s).	67
Gambar 4.26. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s).	68
Gambar 4.27. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,26).	69
Gambar 4.28. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,26).	70
Gambar 4.29. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,26) Load shedding 2(t=3,41).	71
Gambar 4.30. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete (t=3s) Load shedding 1(t=3,26) Load shedding 2(t=3,41).	72

Gambar 4.31. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s).....	73
Gambar 4.32. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s).....	74
Gambar 4.33. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s).....	75
Gambar 4.34. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close (t=3s).....	76
Gambar 4.35. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	77
Gambar 4.36. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi MtrStart 1. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	78
Gambar 4.37. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	89
Gambar 4.38. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close (t=3s).....	80
Gambar 4.39. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi SHORTCIRCUIT. StandAlone : ShortCircuit (t=3s) CB open (t=3,01s).	81
Gambar 4.40. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit (t=3s) CB open (t=3,01s).....	82
Gambar 4.41. Respon Tegangan pada saat Mode Operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit (t=3s) CB open (t=3,01s).....	83
Gambar 4.42. Respon Frekuensi pada saat Mode Operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit (t=3s) CB open (t=3,01s).....	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini blok Tuban dioperasikan oleh PT Pertamina dan Petrochina, sehingga disebut Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java. Area operasi JOB Pertamina-Petrochina East Java untuk memproduksi minyak dan gas (MIGAS) berasal dari tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Bojonegoro, Tuban dan Gresik. MIGAS dari Bojonegoro dan Tuban hasil dari pengboran dialirkan melalui perpipaan menuju Central Processing Area untuk proses pemisahan fluida dan gas lebih lanjut.

Kebutuhan listrik dewasa ini semakin meningkat di sector industri. Listrik merupakan energi yang sangat penting untuk aktivitas industri. Oleh karena itu, kualitas listrik yang baik haruslah dipenuhi agar kebutuhan konsumen terpenuhi. Perubahan beban yang bervariasi berdampak pada kestabilan sistem. Jika daya mekanik pada poros penggerak awal tidak dengan segera menyesuaikan dengan besarnya daya elektrik pada beban listrik, maka frekuensi dan tegangan akan bergeser dari posisi normal. Perubahan yang signifikan dapat menyebabkan sistem keluar dari batas stabil. Oleh karena itu, perubahan beban harus diikuti dengan perubahan daya penggerak generator. Hal ini dimaksudkan agar terjadi keseimbangan antara daya beban dan daya suplai. Sehingga frekuensi dan tegangan sistem tetap terjaga pada posisi normal..

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini :

1. Bagaimana pola operasi pada sistem kelistrikan di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java.
2. Bagaimana respon frekuensi dan tegangan di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java saat dilakukan analisis kestabilan transient.
3. Bagaimana merancang mekanisme Load Shedding (pelepasan beban) yang handal pada Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java.

Batasan-batasan yang digunakan untuk menganalisis antara lain:

1. Analisis Kestabilan Transien di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java dilakukan saat 10 generator baik turbin maupun engine yang aktif dengan memperhatikan respon sistem, yang meliputi respon frekuensi, tegangan akibat adanya gangguan generator lepas terhadap sistem di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java .
2. Analisis stabilitas transient terhadap gangguan hubung singkat dilakukan pada bus 2500A-MV-SWGR-02-B untuk konfigurasi integrasi dan bus MV-SWGR-2-A untuk konfigurasi stand alone
3. *Motor starting* digunakan pada bus MV-SWGR-2-A dan WTR DISPOSAL adalah motor S-PUMP PP-8300-A-1 dan NEW P4 sebesar 282 kW masing masing.
4. Perangkat lunak yang digunakan ialah ETAP 7.5

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Melaksanakan review studi kestabilan transien di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java untuk mendapatkan rekomendasi yang diperlukan sehingga dicapai keandalan serta stabilitas yang layak sehingga mampu mengatasi setiap gangguan-gangguan yang mungkin terjadi.
2. Merancang suatu skema yang handal agar sistem kelistrikan pada Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java dapat kembali stabil ketika terjadi gangguan yang dapat menyebabkan sistem tidak stabil.

1.4 Metodologi

Metodologi yang di pakai dalam Tugas Akhir ini meliputi beberapa tahap :

1. Studi Literatur
Mengumpulkan referensi mengenai *Power Sistem Analysis* yang dilakukan mengenai analisis stabilitas transien (*transient stability*) dan pelepasan beban (*load shedding*).
2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam pekerjaan ini adalah data Sistem kelistrikan Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java. Untuk data yang tidak tersedia akan dilakukan survei lapangan melalui pengamatan dan wawancara.

3. Pengolahan Data

Menginterpretasikan dan menganalisis *single line diagram* dari Sistem Tenaga Listrik Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java

4. Melakukan Simulasi dan Analisis

Dalam tahap ini dilakukan simulasi dengan komputer menggunakan Software ETAP 7.5 terhadap sistem Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java, Dari simulasi yang dilakukan akan didapatkan suatu hasil yang akan dianalisis. Gangguan transien yang disimulasikan yaitu gangguan generator *outage*, *short circuit*, dan motor *starting*. Data yang akan dianalisis adalah respon dari kestabilan transien pada sistem kelistrikan di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java. berupa respon frekuensi, dan tegangan yang nantinya dijadikan referensi untuk bisa mendapatkan sistem yang stabil sesuai dengan standar. Apabila sistem belum stabil maka perlu dilakukan mekanisme pelepasan beban (*load shedding*) sesuai skema/studi kasus yang ditentukan.

5. Kesimpulan

Memberikan kesimpulan mengenai kondisi kestabilan transient akibat gangguan yang ada di Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java. Selain itu juga akan diberikan saran sebagai masukan berkaitan dengan apa yang telah dilakukan.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.

BAB 2 : Dasar Teori

Bab ini secara garis besar membahas stabilitas transient dan konsep pelepasan beban.

BAB 3 : Sistem Kelistrikan Joint Operation Body (JOB)

Pertamina-Petrochina East Java.

Bab ini membahas sistem kelistrikan industri dan spesifikasi beban pada Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java.

BAB 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas data hasil simulasi stabilitas transient pada generator akibat gangguan hubung singkat pada beban dan respon generator terhadap load shedding akibat salah satu suplai daya mengalami trip.

BAB 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.6 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan skema *load shedding* terhadap sistem kelistrikan Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java.
2. Dapat dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya tentang stabilitas transient pada sistem kelistrikan industri.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

KESTABILAN TRANSIEN DAN PELEPASAN BEBAN

2.1 Definisi Kestabilan

Kestabilan sistem tenaga listrik adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk tetap kembali beroperasi di titik keseimbangan saat dan setelah terjadi gangguan sehingga sistem tetap utuh. Definisi ini berlaku untuk sistem interkoneksi dengan generator tertentu atau grup generator. Sistem tenaga listrik memiliki variasi beban yang dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik harus tetap di suplai dengan daya yang sesuai. Apabila pada kondisi tertentu terjadi penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini dikategorikan ke dalam gangguan pada sistem tenaga listrik yaitu kondisi tidak seimbang antara permintaan energi dan pasokan daya. Maka dari itu diperlukan analisis kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak lepas dari sistem.

Usaha untuk mengembalikan kondisi operasi sinkron yang baru disebut periode transien. Kriteria utama stabilitas adalah bagaimana mesin-mesin mempertahankan sinkronisasi pada akhir periode transien. Jika respon osilasi sistem tenaga selama periode transien yang mengikuti gangguan teredam menuju kondisi operasi mantap, maka sistem dalam kategori stabil, jika tidak berarti sistem tidak stabil. Osilasi sistem mampu teredam berarti sistem itu mempunyai kekuatan dalam mengurangi osilasi dan hal ini yang sangat diperlukan bagi sistem tenaga.

2.2 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Dalam buku prabha kundur, stabilitas sistem tenaga secara luas didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk tetap dalam kondisi operasi seimbang saat terjadi kondisi tidak normal dan dapat mengembalikan ke kondisi seimbang setelah terjadi gangguan [2].

Gangguan dalam sistem tenaga listrik yang mempengaruhi stabilitas ada 2 macam yaitu

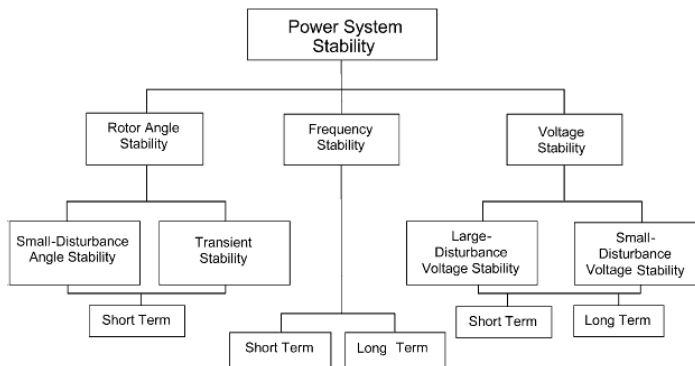
1. Gangguan kecil

Gangguan kecil yang terjadi berupa perubahan beban pada sisi beban atau pembangkit secara acak, pelan dan bertingkat. Jatuh (trip) yang dialami oleh jaring tenaga listrik dianggap sebagai gangguan kecil jika pengaruhnya terhadap aliran daya sebelum gangguan pada aliran itu tidak signifikan [8].

2. Gangguan besar

Gangguan ini bersifat mendadak, yakni gangguan yang menghasilkan kejutan tegangan tiba tiba pada tegangan bus. Gangguan besar ini harus secepatnya dihilangkan, jika tidak dihilangkan secepatnya, gangguan tersebut sangat mempengaruhi kestabilan sistem. Tidak hanya gangguan, waktu gangguan juga berpengaruh terhadap kestabilan sistem [8].

Dalam paper IEEE *definition and classification of power sistem stability*, kestabilan sistem tenaga listrik secara umum dapat dibagi menjadi tiga macam kategori, yaitu: *Angle Stability*, *Frequency stability* dan *Voltage stability*. *Angle Stability* yaitu kemampuan dari mesin-mesin sinkron yang saling terkoneksi pada suatu sistem tenaga listrik untuk tetap dalam keadaan sinkron. *Frequency stability* yaitu kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi *steady state* frekuensi akibat gangguan Sedangkan *Voltage Stability*: yaitu kestabilan dari sistem tenaga listrik untuk dapat mempertahankan nilai tegangan yang masih dapat diterima saat terjadi kontingensi atau gangguan [4].



Gambar 2.1 Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga [4]

2.2.1 Kestabilan Sudut Rotor

Kestabilan sudut rotor dapat diartikan sebagai kemampuan dari beberapa mesin sinkron yang terhubung dalam suatu sistem tenaga listrik untuk tetap dalam sinkronisasi. Masalah stabilitas ini melibatkan pembahasan tentang osilasi elektromekanis pada suatu sistem tenaga [2].

Untuk memudahkan dalam analisis dan menambah wawasan maka kestabilan sudut rotor dibagi menjadi 2 sub kategori yaitu :

1. *Small-disturbance* (gangguan kecil) *rotor angle stability* [4]

Yaitu kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi terhadap gangguan kecil. *Small-disturbance* ini tergantung pada keadaan awal operasi sistem. Ketidakstabilan mungkin timbul karena 2 hal yaitu i) peningkatan sudut rotor pada mode non osilasi dan tidak periodic karena kurangnya torsi sinkronisasi. ii) Osilasi sudut rotor meningkat karena kurangnya torsi redaman yang cukup.

2. *Large-disturbance* (gangguan besar) *rotor angle stability* [4]

Gangguan ini biasa disebut sebagai *transient stability*. Yaitu kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi ketika mengalami gangguan yang parah. Seperti gangguan hubung singkat pada saluran transmisi. Respon sistem yang dihasilkan dari besarnya sudut rotor generator dan dipengaruhi oleh adanya hubungan sudut daya.

Kestabilan transien bergantung pada kondisi awal sistem operasi dan tingkat keparahan dari gangguan yang terjadi. Ketidakstabilan biasanya menghasilkan sudut baru karena torsi sinkronisasi tidak cukup. Sehingga mewujudkan ketidakstabilan ayunan pertama. Tetapi dalam sistem tenaga listrik yang besar, tidak selalu terjadi ketidakstabilan ayunan pertama, melainkan bisa menjadi hasil dari superposisi dari mode ayunan interarea yang lambat, sehingga menyebabkan ketidakstabilan melebihi ayunan pertama.

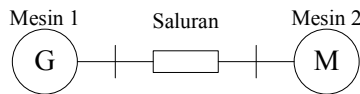
Perubahan torsi elektromekanik pada mesin sinkron yang mengalami gangguan dapat dibagi menjadi dua komponen :

1. Komponen torsi sinkron, pada fasa dengan penyimpangan sudut rotor

2. Komponen torsi peredam (*Damping torque*), pada fasa dengan penyimpangan kecepatan.

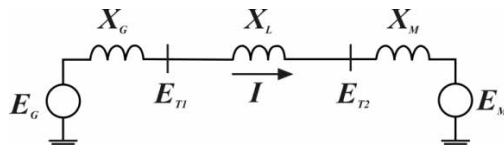
Kestabilan sistem tergantung pada kedua komponen torsi tersebut untuk masing-masing mesin sinkron. Kurangnya torsi sinkron akan menghasilkan ketidak stabilan tanpa osilasi, sebaliknya kekurangan torsi peredam akan menghasilkan ketidakstabilan yang disertai dengan osilasi [2].

Karakteristik yang paling penting dalam kestabilan tenaga listrik adalah karakteristik hubungan daya dengan posisi rotor pada mesin sinkron.



Gambar 2.2 Single Line Diagram Sistem Dua Mesin [2]

Pada Gambar 2.2. tersebut mengilustrasikan dua buah mesin sinkron dimana keduanya saling terhubung melalui sebuah saluran transmisi yang memiliki reaktansi. Reaktansi saluran transmisi yang diperhitungkan pada kasus ini hanyalah nilai reaktansi induktif X_L sedangkan untuk resistansi dan kapasitansi saluran diabaikan karena nilainya relative kecil. Generator sinkron yang mensuplai daya diwakili oleh mesin G sedangkan motor sinkron diwakili oleh mesin M . Single line pada Gambar 2.2. di atas dapat diubah menjadi diagram impedansi seperti Gambar 2.3. di bawah:



Gambar 2.3 Diagram Impedansi Sistem Dua Mesin [2]

Keterangan :

E_G = Tegangan internal generator.

E_M = Tegangan internal motor.

X_G = Reaktansi internal generator.

X_M = Reaktansi internal motor.

X_T = Reaktansi saluran.

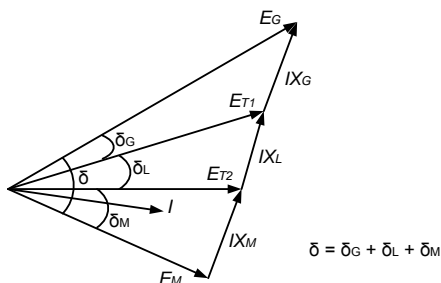
E_{T1} = Tegangan bus generator

E_{T2} = Tegangan bus motor

Daya generator yang digunakan untuk mesuplai motor merupakan fungsi pembeda sudut δ antara rotor kedua mesin. Perbedaan sudut δ tersebut timbul akibat adanya ketiga komponen yaitu sudut internal generator, perbedaan sudut antara tegangan pada generator dan motor, sudut internal motor.

Sudut internal generator δ_G adalah sudut dimana rotor generator yang mendahului medan putar pada stator. δ_L adalah sudut dimana tegangan generator mendahului tegangan motor. Sudut dimana rotor tertinggal oleh medan putar pada stator motor dinamakan sudut internal motor δ_M .

Dari ketiga komponen diatas, diagram fasor yang menunjukkan bagaimana bentuk hubungan antara tegangan internal motor E_M dan dengan tegangan internal generator E_G dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.4 Diagram Fasor Sistem Dua Mesin [2]

Keterangan :

δ = sudut rotor antara kedua mesin

δ_G = sudut internal generator

δ_L = perbedaan sudut tegangan generator dan motor

δ_M = sudut internal motor

E_{T1} = Tegangan bus generator

E_{T2} = Tegangan bus motor

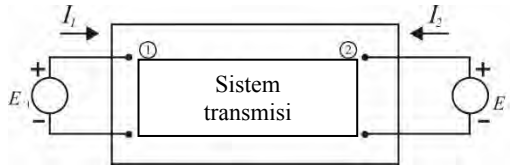
X_G = Reaktansi internal generator.

X_M = Reaktansi internal motor.

X_T = Reaktansi saluran.

Dari Gambar 2.4 di atas dapat diperoleh suatu persamaan yang menyatakan hubungan daya generator yang ditransfer ke motor dalam fungsi sudut [2].

Untuk mempermudah mencari persamaan sudut daya, maka Gambar 2.3. akan dirubah menjadi sebuah skema sederhana yang biasa digunakan untuk studi kestabilan. Dimana tegangan peralihan generator dimisalkan sebagai E_1 dan tegangan motor dimisalkan sebagai E_2 . Sedangkan reaktansi generator, jaringan transmisi serta reaktansi motor dijadikan satu dan dimasukkan ke dalam sebuah kotak, sehingga tampak seperti Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Diagram Skema untuk Studi Kestabilan [3]

Dari Gambar 2.5 diatas bisa diperoleh:

$$Y_{rel} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Persamaan umum aliran daya adalah sebagai berikut berikut ini:

$$P_k - jQ_k = V_k^* \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \quad (2.2)$$

Kemudian dengan membuat nilai k dan N berturut-turut sama dengan 1 dan 2, serta mengganti variabel V dengan E'_2 maka dapat memperoleh persamaan:

$$P_1 + Q_1 = E'_1 (Y_{11} E'_1)^* + E'_1 (Y_{12} E'_2)^* \quad (2.3)$$

Jika didefinisikan:

$$E'_1 = |E'_1| \angle \delta_1 \quad E'_2 = |E'_2| \angle \delta_2 \quad (2.4)$$

$$Y_{11} = G_{11} + jB_{11} \quad Y_{12} = |Y_{12}| \angle \delta_2 \quad (2.5)$$

Akan diperolehkan:

$$P_1 = |E'_1|^2 G_{11} + |E'_1||E'_2||Y_{11}| \cos(\delta_1 - \delta_2 - \delta_{12}) \quad (2.6)$$

$$Q_1 = -|E'_1|^2 B_{11} + |E'_1||E'_2||Y_{11}| \sin(\delta_1 - \delta_2 - \delta_{12}) \quad (2.7)$$

Persamaan juga berlaku untuk rel 2 dengan saling menukarkan *subscript* pada kedua persamaan tersebut.

Jika kita misalkan :

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (2.8)$$

dan menetapkan sudut baru γ sedemikian rupa sehingga

$$\gamma = \theta_{12} - \frac{\pi}{2} \quad (2.9)$$

jika dimasukkan pada persamaan 2.6, maka akan diperoleh:

$$P_1 = |E'_1|^2 G_{11} + |E'_1||E'_2||Y_{11}| \sin(\delta - \gamma) \quad (2.10)$$

Persamaan di atas dapat juga dituliskan dengan lebih sederhana sebagai

$$P_e = P_c + P_{max} \sin(\delta - \gamma) \quad (2.11)$$

Pada persamaan 2.11 di atas variabel P_e mewakili keluaran daya listrik dari generator (rugi jangkar diabaikan). Persamaan ini disebut dengan persamaan sudut-daya. Parameter P_c , P_{maks} , dan δ adalah konstanta untuk konfigurasi jaringan tertentu, besaran tegangan $|E'_1|$ dan $|E'_2|$ juga merupakan sebuah konstanta. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, jaringan dianggap tanpa resistansi dan semua unsur dari Yrel adalah suseptansi maka G_{11} dan γ keduanya bernilai nol. Sehingga persamaan sudut-daya yang didapatkan berlaku untuk sistem transmisi reaktansi murni adalah merupakan persamaan seperti yang sudah kita semua ketahui yaitu:

$$P_e = \frac{|E'_1||E'_2|}{X} \sin \delta \quad (2.12)$$

dimana:

$$X = X_G + X_L + X_M \quad (2.13)$$

dan X adalah reaktansi transfer antara E'_1 dan E'_2 atau sesuai dengan Gambar 2.3 [3].

2.2.2 Kestabilan Tegangan [4]

Kestabilan tegangan mengacu pada kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi *steady state* tegangan pada semua bus di sistem setelah mengalami gangguan dari kondisi operasi awal. Ini tergantung pada kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan antara permintaan beban dan suplai beban dari sistem tenaga listrik. Ketidakstabilan dapat mengakibatkan bentuk penurunan atau kenaikan tegangan pada beberapa bus.

Penurunan bertahap tegangan dibus dapat dikaitkan dengan kestabilan sudut rotor. Sebagai contoh hilangnya sinkronisasi dari mesin sebagai sudut rotor antara dua kelompok mesin dengan pendekatan 180° menyebabkan penurunan tegangan yang cepat pada daerah disekitar gangguan.

Akibat yang mungkin terjadi karena ketidakstabilan tegangan adalah kehilangan beban pada suatu area atau lepasnya jaringan transmisi karena bekerjanya relay proteksi. Faktor utama yang berkontribusi ketidakstabilan tegangan adalah ketika gangguan yang terjadi menyebabkan kebutuhan daya reaktif meningkat diluar dari kapasitas sumber daya reaktif yang tersedia.

Seperti halnya pada kestabilan sudut rotor, kestabilan tegangan diklasifikasikan menjadi beberapa subkategori seperti berikut :

1. *Large disturbance voltage stability* adalah kemampuan dari sistem untuk menjaga tegangan *steady* setelah mengalami gangguan besar seperti hilangnya pembangkitan. Untuk menentukan kestabilan tegangan yang mengalami gangguan besar membutuhkan pengujian respon tidak linier dari sistem tenaga selama periode waktu yang cukup untuk melihat kinerja dan interaksi dari peralatan seperti motor, OLTC pada trafo dan

pembatas arus medan pada generator. Periode studi biasanya ditambahkan beberapa detik hingga puluhan menit.

2. *Small Disturbance voltage stability* adalah kemampuan sistem tenaga untuk menjaga tegangan steady ketika mengalami gangguan kecil seperti perubahan kenaikan pada beban. Konsep ini berguna dalam menentukan, bagaimana tegangan sistem akan merespon perubahan kecil pada sistem.

2.2.3 Kestabilan Frekuensi [4]

Kestabilan frekuensi mengacu kepada kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi *steady state* frekuensi akibat gangguan yang menyebabkan ketidakseimbangan antara pembangkitan dan pembebanan. Hal ini bergantung dari kemampuan untuk mempertahankan atau mengembalikan keseimbangan antara pembangkitan dan pembebanan akibat adanya hilangnya beban.. Umumnya, masalah kestabilan frekuensi dikaitkan ketidak mampuan dari respon peralatan, lemahnya kordinasi dari peralatan kontrol dan peralatan frekuensi atau kurangnya daya cadangan pembangkitan (*spining reserve*).

Selama penyimpangan frekuensi, besarnya tegangan bisa berubah dengan signifikan, terutama untuk kondisi *islanding* dengan *underfrekuensi load shedding*. Besarnya perubahan tegangan yang mungkin lebih tinggi dari perubahan frekuensi mempengaruhi ketidakseimbangan beban pembangkitan.

2.3 Kestabilan Transien

Kestabilan transien adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga mempertahankan sinkronisasi setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak selama sekitar satu “swing” (yang pertama) dengan asumsi bahwa pengatur teganngan otomatis (AVR) dan governor belum bekerja [3]. Kestabilan transien merupakan fungsi dari kondisi operasi dan gangguan. Situasi yang lebih hebat akan terjadi bila pembangkitan atau beban besar hilang dari sistem atau terjadi gangguan pada saluran tranmisi. Pada kasus semacam itu stabilitas *transient* harus cukup kuat untuk mempertahankan diri terhadap kejutan (*shock*) atau perubahan beban yang relatif besar yang terjadi. Stabilitas *transient* adalah kemampuan sistem untuk tetap pada kondisi sinkron (sebelum terjadi aksi dari kontrol *governor*) yang mengikuti gangguan pada sistem.

Setelah hilangnya pembangkitan atau beban besar secara tiba-tiba, keseimbangan antara energi input dan output listrik pada sistem akan hilang. Jika energi input tidak lagi mencukupi, inersia rotor mesin yang masih bekerja, pada periode yang singkat akan melambat. Apabila beban hilang maka energi input pada sistem akan melebihi beban listrik, dan mesin akan bergerak semakin cepat.

Ber macam-macam faktor mempengaruhi stabilitas sistem, seperti kekuatan pada jaringan transmisi didalam sistem dan saluran pada sistem yang berdekatan, karakteristik pada unit pembangkitan, termasuk inersia pada bagian yang berputar, dan properti listrik seperti reaktansi *transient* dan karakteristik saturasi magnetik pada besi stator dan rotor. Faktor penting lainnya adalah kecepatan dimana saluran atau perlengkapan yang terjadi gangguan dapat diputus (*disconnect*) dan, dengan *reclosing* otomatis pada saluran transmisi, yang menentukan seberapa cepat saluran dapat beroperasi lagi. Sebagaimana pada stabilitas *steady-state*, kecepatan respon pada sistem eksitasi generator merupakan faktor yang penting dalam mempertahankan stabilitas *transient*. Gangguan pada sistem biasanya diikuti oleh perubahan tegangan yang cepat pada sistem, dan pemulihan kembali tegangan dengan cepat menuju ke kondisi normal merupakan hal yang penting dalam mempertahankan stabilitas.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, stabilitas *transient* adalah kemampuan untuk tetap pada kondisi sinkron selama periode terjadinya gangguan dan sebelum adanya reaksi dari *governor*. Pada umumnya ayunan pertama pada rotor mesin akan terjadi selama satu detik setelah gangguan, tetapi waktu yang sebenarnya bergantung pada karakteristik mesin dan sistem transmisi. Setelah periode ini, *governor* akan mulai bereaksi, biasanya sekitar 4 hingga 5 detik.

Pada stabilitas peralihan suatu sistem dikhususkan pada benturan yang kuat, biasanya adalah suatu gangguan, yang dipertahankan untuk waktu yang singkat dan menyebabkan reduksi yang berarti pada terminal dari mesin dan kemampuan dari transfer daya. Jika kita anggap bahwa permasalahan adalah bahwa mesin tunggal yang terhubung ke *infinite* bus, perkiraan yang biasa digunakan untuk transfer daya diberikan oleh:

$$P = \frac{V_t V_\infty}{x} \sin \delta \quad (2.14)$$

Keterangan:

P = Daya output

V_t = tegangan terminal mesin

V_∞ = tegangan *infinite* bus

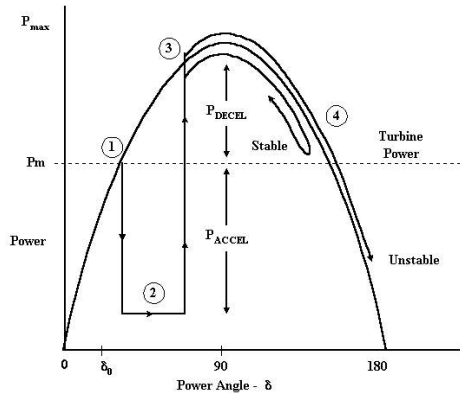
X = reaktansi saluran

Yang perlu dicatat adalah jika V_t tereduksi, maka P akan tereduksi oleh nilai yang terkait. Pencegahan reduksi pada P ini memerlukan aksi yang sangat cepat oleh sistem eksitasi dalam memberikan ekistasi pada kumparan medan dan oleh karena itu akan mempertahankan harga V_t pada nilai yang layak. Nilai yang paling bermanfaat untuk keadaan ini adalah kecepatan dan tegangan dengan level tinggi, sehingga memperbaiki kesempatan untuk mempertahankan nilai V_t pada level yang diperlukan. Dan juga, ketika gangguan dihilangkan dan reaktansi x dari persamaan diatas bertambah pada peristiwa pemutusan (*switching*), perubahan yang cepat pada eksitasi yang lain diperlukan. Perubahan besar ini mempengaruhi kemampuan mesin untuk daya yang dilepaskan dari turbin. Perubahan ini secara efektif dikontrol oleh perubahan eksitasi yang sangat cepat.

Studi stabilitas transien sangat berkaitan dengan seberapa besar pengaruh dari gangguan pada jaringan transmisi terhadap kemampuan keserempakan generator. Gambar 2.6 memberikan ilustrasi karakteristik respon generator pada keadaan gangguan. Titik kerja awal (titik 1), sebelum terjadi gangguan. Dengan terjadinya gangguan menyebabkan daya output generator turun secara drastis. Selisih antara daya output listrik dengan daya input mekanis turbin mengakibatkan rotor generator mengalami percepatan, sehingga sudut rotor atau daya bertambah besar (titik 2). Pada saat gangguan hilang, daya output generator pulih pada harga yang sesuai dengan kurva sudut daya ($P - \delta$) diatas (titik 3). Setelah gangguan hilang, daya output generator menjadi lebih besar daripada daya mekanis turbin. Hal ini mengakibatkan putaran rotor generator menjadi lambat (titik 4).

Bila terdapat torsi lawan yang cukup setelah gangguan hilang untuk mengimbangi percepatan yang terjadi selama terjadinya

gangguan, generator akan stabil setelah ayunan pertama dan akan kembali ke titik kerjanya dalam waktu kira-kira 0,5 detik. Bila torsi lawan tersebut tidak cukup besar maka sudut rotor atau daya akan terus bertambah besar sampai sinkronisasi dengan sistem menjadi hilang.



Gambar 2.6. Kurva Sudut Daya Karakteristik Respon Generator Pada Keadaan Gangguan

Studi kestabilan transien diperlukan untuk memastikan kemampuan sistem untuk bisa menahan kondisi transien setelah gangguan besar. Seringkali, studi tersebut dilakukan ketika terjadi pemasangan fasilitas transmisi maupun pembangkitan yang baru. Hal ini sangat membantu dalam hal menentukan sistem rele yang diperlukan, waktu kritis pemutusan breaker, level tegangan dan kemampuan transfer antara sistem [4].

Selain jenis dan lokasi gangguan, yang tidak dapat dikontrol manusia, terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi stabilitas transien yang bisa dilakukan dalam rangka memperbaiki stabilitas transien pada suatu sistem tenaga. Secara umum kestabilan transien generator bergantung pada :

1. Pembebanan generator.
2. Output generator pada saat gangguan. Hal ini dipengaruhi oleh jenis gangguan.
3. Waktu pemutusan.

4. Reaktansi posfault sistem.
5. Reaktansi generator. Reaktansi generator yang kecil akan memperbesar daya puncak dan mengurangi sudut daya awal.
6. Inersia generator. Semakin besar, maka rating perubahan sudut akan semakin kecil. Hal ini akan mengurangi energi kinetik yang dihasilkan saat gangguan (area percepatan).
7. Tegangan internal generator. Dipengaruhi oleh eksitasi medan.
8. Tegangan infinite bus.

2.4 Kejadian yang mempengaruhi kestabilan

Kestabilan sistem tenaga listrik dipengaruhi beberapa kejadian, antara lain :

1. *Motor starting*
2. Penambahan beban
3. Pelepasan beban
4. Hubung singkat

Motor starting mengakibatkan terjadinya drop tegangan pada sistem tenaga listrik. karena adanya arus yang sangat tinggi sesat ketika pertama kali motor dinyalakan, besarnya arus tersebut menyebabkan daya aktif semakin bertambah sehingga mengakibatkan menurunnya frekuensi dan tegangan sesaat sistem. Jika kelebihan cadangan daya generator besar maka motor start tidak akan mempengaruhi generator.

Penambahan beban dapat mengakibatkan terjadinya ketidak sinkronan antara daya elektrik dan daya mekanik. Jika dilakukan penambahan beban penuh secara tiba-tiba, maka arus yang dibutuhkan sangat besar sehingga mengakibatkan frekuensi sistem akan turun dengan cepat. Sehingga dalam melakukan penambahan tidak di ijin jika penambahan beban besar dimasukkan secara bersamaan.

Pelepasan beban dapat mengakibatkan terjadi *overspeed* generator. jika pada saat kondisi normal tiba-tiba terjadi lepasnya beban besar maka hal ini akan mengakibatkan *overspeed* pada

generator. selain itu juga mengakibatkan tegangan sistem menjadi naik.

Hubung singkat dapat mengakibatkan turunya tegangan secara signifikan. Karena timbulnya aliran arus yang besar menuju titik gangguan. Aliran arus tersebut merupakan jumlah dari arus kontribusi yang diberikan generator dan *motor starting*.

2.5 Persamaan Ayunan Generator [4]

Persamaan pengaturan gerakan rotor satu mesin sinkron didasarkan pada prinsip dasar dinamika yang menyatakan bahwa torsi percepatan adalah hasil perkalian dari momen inersia dan percepatan sudut. Dalam sistem MKS (meter-kilogram-second) persamaannya dapat dituliskan seperti :

$$J \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = T_a = T_m - T_e \quad (2.15)$$

Keterangan :

J	Momen kelembaman total dari massa rotor dalam $kg \cdot m^2$
θ_m	Pergeseran sudut dari rotor terhadap suatu sumbu yang diam dalam radian mekanis (rad)
t	Waktu dalam detik (s)
T_m	Momen putar mekanis atau poros penggerak yang diberikan oleh <i>prime mover</i> dikurangi dengan momen putar perlambatan (<i>retarding</i>) yang disebabkan oleh rugi perputaran, dalam N-m
T_e	Momen putar listrik atau elektromagnetik, dalam N-m
T_a	Momen putar kecepatan percepatan bersih (<i>net</i>), dalam N-m

T_m merupakan torsi mekanik dari rotor generator yang sifatnya cenderung mempercepat putaran rotor. Pada kondisi stabil (*stady state*), besar torsi mekanik (T_m) sama dengan besar torsi listrik (T_e) sehingga tidak ada momen percepatan (*accelerating torque*). Dalam kondisi ini dapat dikatakan bahwa tidak terdapat percepatan maupun perlambatan pada rotor generator. Namun, pada kondisi yang tidak stabil akibat gangguan dapat menyebabkan adanya perbedaan antara besar torsi mekanik dan torsi listrik.

Sehingga, dapat menyebabkan adanya percepatan ataupun perlambatan pada rotor generator.

Pada persamaan (2.16) karena θ_m diukur terhadap sumbu yang diam, maka untuk mengukur posisi sudut rotor terhadap sumbu yang berputar dengan kecepatan sinkron adalah seperti persamaan berikut:

$$\theta_m = \omega_m t + \delta_m \quad (2.16)$$

dengan δ_m adalah pergeseran sudut rotor dalam radian terhadap sumbu yang berputar dengan kecepatan sinkron. Penurunan persamaan (2.16) terhadap waktu menghasilkan kecepatan putaran rotor seperti persamaan berikut:

$$\omega_m = \frac{d\theta_m}{dt} = \omega_{sm} + \frac{d\delta_m}{dt} \quad (2.17)$$

dan percepatan rotor diperoleh dengan menurunkan persamaan 2.5 terhadap waktu :

$$\frac{d^2\theta_m}{dt^2} = \frac{d^2\delta_m}{dt^2} \quad (2.18)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.16) ke dalam (2.18), diperoleh persamaan :

$$J \frac{d^2\delta_m}{dt^2} = T_m - T_e \quad (2.19)$$

Dengan mengalikan ω_m dengan persamaan (2.19) akan didapatkan persamaan :

$$J \omega_m \frac{d^2\delta_m}{dt^2} = \omega_m T_m - \omega_m T_e \quad (2.20)$$

$$J \omega_m \frac{d^2\delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.20)$$

$$M \frac{d^2\delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.21)$$

Pada data mesin yang digunakan untuk analisis kestabilan sistem, sering ditemui konstanta yang berhubungan dengan momen inersia yang disimbolkan dengan H, secara matematika dirumuskan:

$$H = \frac{\text{Energi kinetik dalam MJ pada kecepatan sinkron}}{\text{rating mesin dalam MVA}}$$

$$H = \frac{1/2 M \omega_{sm}}{S_{mach}} \quad (2.22)$$

$$M = \frac{2H}{\omega_{sm}} S_{mach} \quad (2.23)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.12) ke dalam persamaan (2.10), didapatkan persamaan :

$$\frac{2H}{\omega_{sm}} S_{mach} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad (2.24)$$

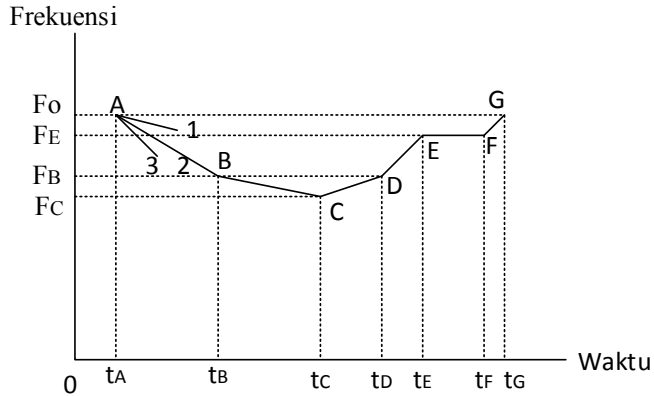
Kemudian dengan membagi persamaan 2.13 dengan S_{mach} diperoleh :

$$\frac{2H}{\omega_{sm}} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = \frac{P_m}{S_{mach}} - \frac{P_e}{S_{mach}}$$

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e \quad \text{per unit} \quad (2.25)$$

2.6 Sistem Pengoperasian Load Shedding[5]

Jika terjadi gangguan pada sistem yang menyebabkan besarnya suplai daya yang dihasilkan oleh pembangkit tidak mencukupi kebutuhan beban misalnya karena adanya pembangkit yang lepas (trip), maka untuk mencegah terjadinya ketidakstabilan sistem perlu dilakukan pelepasan beban (*load shedding*). Keadaan yang kritis pada sistem dapat dideteksi melalui frekuensi sistem yang menurun dengan cepat. Hal ini diilustrasikan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Perubahan Frekuensi Sebagai Fungsi Waktu dengan Adanya Pelepasan Beban [5]

Pada saat $t=t_A$, ada unit pembangkit yang lepas sehingga frekuensi menurun dengan tajam. Penurunan frekuensi sistem ini bisa melalui garis 1, garis 2 atau garis 3 bergantung pada besarnya kapasitas pembangkit yang lepas dibandingkan dengan kebutuhan beban yang ada. Semakin besar daya yang hilang maka akan semakin cepat frekuensi menurun. Kecepatan menurunnya frekuensi sistem juga bergantung pada inersia sistem. Semakin besar nilai inersia, makin kokoh sistemnya dan makin lambat turunnya frekuensi.

Pada gambar 2.7 dimisalkan frekuensi sistem menurun mengikuti garis 2. Setelah mencapai titik B dilakukan pelepasan beban tahap pertama oleh *Under Frequency Relay* (UFR) yang bekerja setelah mendeteksi turunnya frekuensi sistem mencapai f_B . Setelah dilakukan pelepasan beban tahap pertama, kecepatan turunnya frekuensi berkurang. Namun karena kurangnya suplai daya frekuensi sistem masih menurun hingga titik C, sehingga dilakukan pelepasan beban tahap kedua setelah UFR mendeteksi turunnya frekuensi hingga f_C .

Setelah dilakukan pelepasan beban tahap kedua, sistem mulai kembali stabil ditunjukkan dengan tidak menurunnya frekuensi sistem. Frekuensi sistem naik hingga titik D dikarenakan telah dilakukan pelepasan beban tahap kedua besarnya suplai daya lebih besar daripada total beban. Dimulai dari titik D, governor

pembangkit mulai bekerja melakukan pengaturan primer yaitu selama tD.

Waktu sebelum bekerjanya governor ini (tD) berkisar selama 4 detik. Periode sebelum governor melakukan pengaturan primer disebut periode transien dan berlangsung selama kira-kira 4 detik. Setelah governor melakukan pengaturan primer maka frekuensi sistem naik hingga mencapai fE. Kemampuan governor melakukan pengaturan primer bergantung pada besarnya *spinning reserve* yang masih tersedia dalam sistem. Setelah mencapai titik E masih ada penyimpangan frekuensi sebesar F dari frekuensi sistem yang diinginkan yaitu fO dan penyimpangan ini dikoreksi dengan pengaturan sekunder oleh governor yang dimulai pada titik F dan akhirnya frekuensi sistem kembali stabil pada titik G.

Apabila unit pembangkit yang lepas tidak begitu besar mungkin penurunan frekuensi tidak mencapai titik C sehingga dengan pelepasan beban tahap pertama saja sudah cukup untuk mengembalikan sistem menjadi stabil. Dalam prakteknya, pelepasan beban dilakukan dengan memasang UFR (*Under Frequency Relay*) pada berbagai *feeder* distribusi yang dipilih menurut kondisi setempat. Jumlah UFR harus sedikitnya cukup untuk melepaskan beban sebesar unit terbesar dalam sistem.

Penurunan frekuensi bisa terjadi pada saat lepasnya pembangkit. Selama kurun waktu 2 detik yaitu periode ketika governor belum bekerja, frekuensi menurun dengan cepat dan mencapai tingkatan yang minimum.

Kemudian governor bekerja sehingga frekuensi kembali pada kondisi stabil yang lebih rendah dari frekuensi normalnya. Frekuensi ini disebut frekuensi residu. Skema pelepasan yang tepat harus menentukan frekuensi minimum dan frekuensi residu.

Pelepasan beban dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Pelepasan beban secara manual (*Manual Load Shedding*)
2. Pelepasan beban secara otomatis (*Automatic Load Shedding*)

2.6.1. Pelepasan Beban Secara Manual

Pelepasan beban secara manual hanya dapat dipakai dalam keadaan yang tidak begitu penting, seperti perkembangan beban yang melebihi kapasitas pembangkit atau turunnya tegangan di dalam daerah tertentu yang disebabkan oleh gangguan. Dalam

keadaan darurat karen turunnya tegangan hingga 80%, operator akan mengambil inisiatif sendiri untuk melakukan pelepasan beban.

Kekurangan dari pelepasan beban secara manual alah kebutuhan akan operator yang siap dan handal karena keterlambatan operator dalam mengatasi permasalahan ini akan berakibat fatal pada stabilitas sistem.

2.6.2. Pelepasan Beban Secara Otomatis

Pelepasan beban secara otomatis menggunakan relay under frequency. Dimana pelepasan beban nanti akan berdasakan seberapa besar turunya frekuensi sistem. Perencanaan dan setting rele under frequency untuk load shedding harus dalam kondisi beban berlebih (generator tidak mampu memenuhi kebutuhan beban). Biasanya disebabkan lepasnya salah satu geneator dengan sistem. Dengan kelebihan beban maka frekuensi sistem akan turun. Untuk menghindari black out akibat generator overload maka diperlukan load shedding. Sehingga jika terjadi gangguan yang mengakibatkan kelebihan beban maka beban akan terlepas dengan sendirinya sesuai dengan setting rele underfrekuensi (81-U).

Pelepasan beban tidak dilakukan secara langsung kelebihan bebannya. Namun pelepasan beban dilakukan secara bertahap. Hal ini untuk menghindari ketika dilakukukan pelepasan beban terjadi overvoltage. Sehingga setting rele underfrekuensi terdapat beberapa settingan sesuai dengan tahapan pelepasan beban.

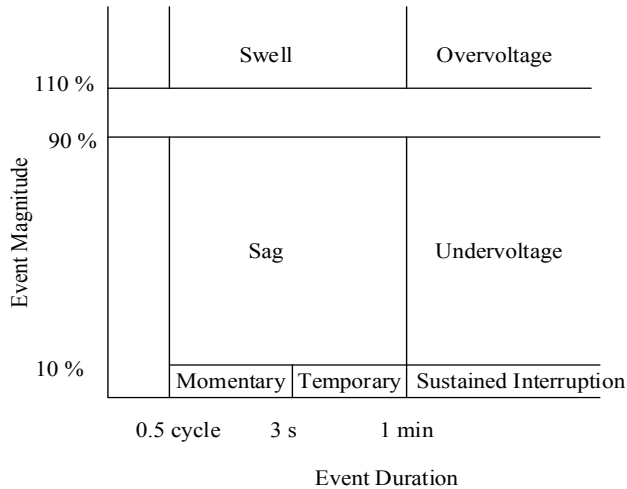
2.7 Standar Tegangan

Standar yang digunakan untuk tegangan nominal dalam kondisi normal alah berdasarkan standar PLN, yaitu :

1. 500 kV +5%, -5%
2. 150 kV +5%, -10%
3. 70 kV +5%, -10%
4. 20 kV +5%, -10%

Sedangkan standar yang digunakan untuk kedip tegangan adalah *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality* (IEEE Std 1159-1995).

Gambar 2.8. menunjukkan bahwa untuk kedip tegangan batas nilai yang diperbolehkan adalah 10% untuk *momentary* selama 3 detik senagkan untuk *temporary* selama 1 menit.



Gambar 2.8. Definisi *Voltage Magnitude Event* berdasarkan standar IEEE 1159-195 [7]

Tabel 2.1 Menurut Standart Voltage Sag Immunity Standarts SEMI F47 and F42

Voltage Sag Duration			Voltage Sag
Second (s)	Cycles at 60 Hz	Cycles At 50 Hz	Percent (%) Of Equipment Nominal Voltage
< 0,05 s	< 3 cycles	< 2,5 cycles	Not specified
0,05 to 0,2 s	3 to 12 cycles	2,5 to 10 cycles	50 %
0,2 to 0,5 s	12 to 30 cycles	10 to 25 cycles	70 %
0,5 to 1,0 s	30 to 60 cycles	25 to 50 cycles	80 %
> 1,0 s	> 60 cycles	> 50 cycles	Not specified

2.8 Standar Frekuensi

Standar yang digunakan untuk pengendalian frekuensi diatur oleh pemerintah melalui peraturan menteri energi dan sumber

daya mineral nomor : 03 tahun 2007. Yang diatur dalam aturan operasi OC.3 tentang pengendalian frekuensi.

Disebutkan bahwa, “Frekuensi sitem dipertahankan kisaran $\pm 0,2\text{Hz}$ atau 99,6% di sekitar 50Hz, kecuali dalam periode singkat, dimana penyimpangan sebesar $\pm 0,5\text{Hz}$ atau 99% diizinkan selama kondisi darurat.

2.9 Standar Pelepasan Beban

Terdapat dua skema pelepasan beban yang mengacu pada standar ANSI/IEEE C37.106-1987 yaitu pelepasan beban tiga langkah dan pelepasan beban enam langkah. Tabel di bawah merupakan skema pelepasan beban tiga langkah berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987.

Tabel 2.2 Skema Load Shedding Tiga Langkah

Tahap	Frekuensi Jatuh (Hz)		%	Persen Pelepasa Beban (%)	Waktu Jeda (Cycle pada) Relay
	Sistem 60 (Hz)	Sistem 50 (Hz)			
1	59.3	49.41	98.83	10	6
2	58.9	49.08	98.16	15	6
3	58.5	48.75	97.5	Disyaratkan untuk menjaga penurunan frekuensi sebelum 58,2Hz	

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

SISTEM KELISTRIKAN *PLANT CPA JOB P-PEJ (CENTRAL PROCESSING AREA JOINT OPERATING BODY PERTAMINA – PETROCHINA EAST JAVA), TUBAN*

3.1 Sistem Kelistrikan *Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint Operating Body Pertamina – Petrochina East Java), Tuban.*

Plant CPA JOB P-PEJ Tuban memiliki sistem kelistrikan yang di-supply oleh beberapa generator yang dapat dilihat di Tabel 3.1.

Berikut adalah data daya generator yang digunakan *Plant* CPA JOB P- PEJ, Tuban :

Tabel 3.1 Data Generator pada *Plant* CPA JOB P-PEJ, Tuban.

No.	ID Generator	Rating Daya (MW)	Rating Tegangan (kV)
1.	CENT.TRBN BY CTRCTR(RENT)	2.5	4.16
2.	G.ENG GEN.G102-B	1	0.48
3.	G.ENG GEN.G102-C	1	0.48
4.	G.ENG GEN.G102-D	1	0.48
5.	GEN TG101-A	0.8	0.48
6.	GEN TG101-B	0.8	0.48
7.	GEN TG101-C	0.8	0.48
8.	GEN TG101-D	0.8	0.48
9.	CENT TRBN 2	2.5	4.16
10.	GEN SRU	0.8	0.48
11	ONAN DIESEL ENG GEN GN1102	1.2	0.48

Berikut adalah gambaran sistem kelistrikan *Plant* CPA JOB P-PEJ Tuban dalam bentuk *single line* diagram :



P- PEJ Tuban konfigurasi belum terintergrasi.

Untuk selanjutnya *single line* diagram ini digunakan dalam tugas akhir dalam penyelesaian desain filter harmonisa.

3.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik *Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint Operating Body Pertamina – Petrochina East Java), Tuban.*

Sistem distribusi tenaga listrik di *Plant CPA JOB P-PEJ* memiliki sistem kelistrikan yang di-supply oleh beberapa generator.

Distribusi daya di *Plant CPA JOB P-PEJ*, jenis trafo yang digunakan adalah jenis trafo dua belitan. Trafo tersebut digunakan untuk menyalurkan daya pada beban baik beban motor maupun beban yang lainnya. Data trafo dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini, dengan kondisi existing. Berikut ini adalah data transformator daya yang digunakan dalam kelistrikan *Plant CPA JOB P-PEJ* :

Tabel 3.2 Data Trafomator pada *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban

No.	Transformator ID	Rating		
		MVA	Primer (kV)	Sekunder (kV)
1.	T-CENT 2	4	4.16	4.16
2.	TR-02-A	5	0.48	4.16
3.	TR-02-B	5	0.48	4.16
4.	TR-02-C	4	4.16	4.16
5.	TR-30 KVA	0.38	0.48	4.16
6.	TR-MCC5	2.5	4.16	0.48
7.	TR-MD-A	5	4.16	0.48
8.	TR-MD-B	5	4.16	13.8
9.	TR-MD-B1	5	13.6	0.48
10.	TR-MD-C	5	4.16	13.8
11.	TR-MD-C1	1.25	13.8	0.48
12.	TR-MD E	5	0.48	4.16

3.3 Beban Pada Sistem Kelistrikan *Plant CPA JOB P-PEJ (Central Processing Area Joint Operating Body Pertamina – Petrochina East Java), Tuban.*

Beban kelistrikan *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban terdiri beberapa beban berikut :

- Motor
Plant CPA JOB P-PEJ, Tuban memiliki banyak motor listrik yang termasu jenis motor induksi. Motor-motor tersebut

memiliki peran yang bervariasi dalam menunjang proses produksi beban. motor ini dikelompokkan ke *MCC (Motor Control Center)*.

- *Lumped Load*

Digunakan untuk kegiatan operasional di *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban.

Berikut adalah data beban – beban motor yang terdapat pada *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban :

Tabel 3.3 Data Beban Motor pada *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban

No.	INSTRUMENT	ID	Daya (kW)
1.	MOTOR MCC 4-1	RADIATOR FAN 4-1	30
		M201-501	55
2.	MOTOR MCC 4-2	RADIATOR FAN 4-2	30
		M201-501 4-2	55
3.	MOTOR MCC 4-3	RADIATOR FAN 4-3	30
		M201-501 4-3	55
4.	MOTOR MCC 4-4	RADIATOR FAN 4-4	30
		M201-501 4-4	55
5.	MCC 1-2	M-PP1150-A	186.5
		M-PP1150-B	186.5
		M-PP1150-C	186.5
		M-PP1150-D	186.5
6.	MCC 5	PP 600 A	74.6
		PP 600 B	74.6
		CP-9400	82
		Mtr 385	330
7.	MCC PAD B	MUDI B02A	119.3
		MUDI B05	119.3
		MUDI B09	119.3
		MUDI B15	119.3
		MUDI B17	74.6

Tabel 3.3 Data Beban Motor pada *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban (lanjutan)

No.	INSTRUMENT	ID	Daya (kW)
7.	MCC PAD B	MUDI B18	238.7
		MUDI B23	238.7
		MUDI B24	119.3
8.	MCC PAD C	MUDI C13	74.6
		MUDI C20	238.7
		MUDI C7	74.6
9	MCC WTR DSPL ext	MTR WTR DSPL 1	283.4
10.	PAD A	MUDI A1	298.4
		MUDI A19	74.6
11.	MCC 1-1	M-PP-1170-A	112
		M-PP-1170-B	112
		M-PP-1170-C	112
		M-PP-1170-D	112
12.	PROCESS PLANT	CP-9300 A	74.6
		CP-9300 B	74.6
		FL-200	30
		FL-300	45
		PP-3310 A	45
		PP-3310 B	45
		PP-3310 C	45
		PP-500 A	45
		PP-500 B	45
		PP-500 C	42.5
		PP-500 D	42.5
		PP-7031 A	30
		PP-7031 B	30
		PP-9610 B	42.5

Tabel 3.3 Data Beban Motor pada *Plant CPA JOB P-PEJ*, Tuban (lanjutan)

No.	INSTRUMENT	ID	Daya (kW)
14.	NEW PUMP	NEW P1	448
		NEW P2	448
		NEW P3	448
		NEW P4	448
15.	PUMP	S-PUMP PP-8300-A	448
		S-PUMP PP-8300-B	336
		PP-8400-A	373

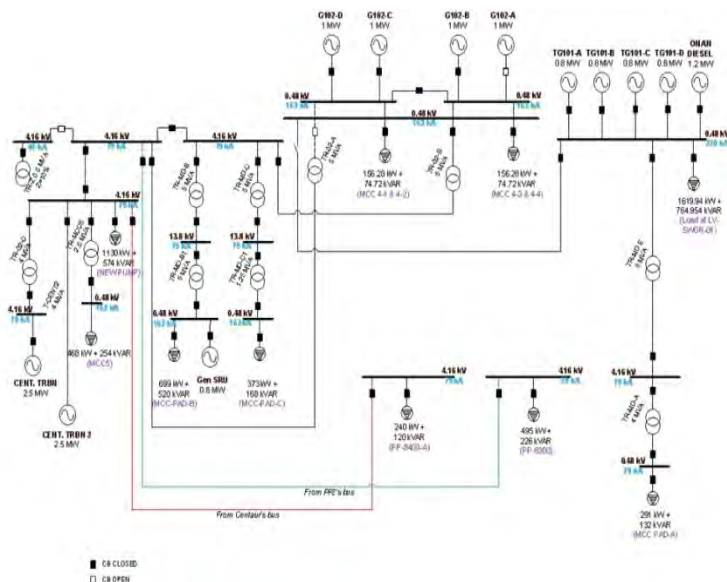
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN DI Joint Operation Body (JOB) Pertamina-Petrochina East Java

4.1 Permodelan Sistem Kelistrikan Plant CPA Pertamina-Petrochina Tuban Jatim

Setelah didapatkan data sistem kelistrikan Plant CPA PT Petrochina dalam software ETAP 7.5, maka selanjutnya akan dilakukan simulasi stabilitas transient sesuai dengan studi kasus yang akan dipaparkan pada Tabel 4.2. Pada simulasi ini akan dianalisa respon tegangan dan frekuensi hasil simulasi. Pada simulasi stabilitas transient ini akan di-plot beberapa titik bus dan generator. Titik yang di plot berbeda untuk setiap studi kasus, tergantung dengan kebutuhan. Total Simulation Time berbeda untuk masing masing studi kasus, tergantung kebutuhan tiap kasus.



Gambar 4.1 Single Line Diagram Konfigurasi Stand

d) Gen CNTR 2 dan CNTR trip: pada kondisi ini plan PP2 kehilangan 2 pembangkit sekaligus

d) Motor starting : Pada kondisi ini dilakukan simulasi penyalan motor starting terbesar yang ada di dalam sistem, hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh starting motor terhadap kestabilan transien sistem.

e) Gangguan hubung singkat : Pada kondisi ini terjadi gangguan hubung singkat pada bus dengan beban motor .

Dalam analisis stabilitas transien terdapat beberapa parameter yang diamati dalam analisis stabilitas transien ini adalah:

1. Frekuensi di generator , frekuensi bus sebelum,saat dan setelah terjadi gangguan.

2. Tegangan di bus *LV-SWGR-01-3500 A, 2500A MV-SWGR-02-B,MCC PAD A, MCC WATER DISPOSAL* Untuk PP1, dan untuk PP2 bus yang di amati adalah: *BB MCC PAD-B,BB MCC PAD-C,LV-SWGR-02-BB-A-5000A, LV-SWGR-02-BB-B-5000A, MCC 5.2, MV-SWGR-06-2500A,MV-SWGR-05-2500A,MV-SWGR-2-A,MV-SWGR-2-B,WATER DISPOSAL.*

Agar lebih mudah dalam memahami kasus-kasus yang akan disimulasikan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Studi Kasus Analisa Stabilitas Transient

Konfigurasi	Nama Kasus	Keterangan Kasus
Stand Alone	Gen CENT.TRBN 2 OFF	Gen CENT.TRBN 2 trip
	Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1	Gen CENT.TRBN 2 trip, Load shedding 1.
	Gen CENT. TRBN 2 OFF LS 2	Gen CENT TRBN 2 trop, Load Shedding 1 dan load shedding 2

Konfigurasi	Nama Kasus	Keterangan Kasus
Integrasi	Gen CENT.TRBN 2 OFF	Gen CENT.TRBN 2 trip
	Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1	Gen CENT.TRBN 2 trip dan Load Shedding 1
StandAlone	Gen G102-D OFF	Gen G102-D trip
	Gen G102-D OFF LS1	Gen G102-D trip, Load shedding 1
Integrasi	Gen G102-D OFF	Gen G102-D trip
StandAlone	Gen ONAN DIESEL OFF	Gen ONAN DIESEL trip
	Gen ONAN DIESEL OFF LS1	Gen ONAN DIESEL trip, Load Shedding 1
Integrasi	Gen ONAN DIESEL OFF	Gen ONAN DIESEL trip
Integrasi	Gen CNT +CNT 2 OFF	Gen CNT + CNT 2 trip
	Gen CNT +CNT 2 OFF LS 1	Gen CNT +CNT 2 OFF LS 1
	Gen CNT +CNT 2 OFF LS 2	Gen CNT +CNT 2 OFF LS 2
StandAlone	Motor Start 1	Motor Start 1
Integrasi	Motor Start 1	Motor Start 1

Konfigurasi	Nama Kasus	Keterangan Kasus
StandAlone	Motor Start 2	Motor Start 2
Integrasi	Motor Start 2	Motor Start 2
StandAlone	ShortCircuit	ShortCircuit
Integrasi	ShortCircuit	ShortCircuit

Selanjutnya pada Tabel 4.2 akan dipaparkan penjelasan yang lebih spesifik tentang aksi yang dilakukan pada studi kasus

Tabel 4.2 Penjelasan kasus stabilitas transient

Nama kasus	Konfigurasi	Keterangan kasus	Aksi	Waktu (s)
TS		Kondisi Operasi Normal	-	-
Gen Cntr2 OFF LS 1	StandAlone	Gen CENT.TRBN 2 trip, Load shedding 1.	Gen CENT.TRBN 2 OFF NEW P1 NEW P2 NEW P3	3 3,1
Gen Cntr2 OFF LS 2	StandAlone	Gen CENT.TRBN 2 trip, Load shedding 1 Load Shedding 2.	Gen CENT.TRBN 2 OFF NEW P1 NEW P2 NEW P3 NEW P4 MTR-WTR-DSPL-1 S-PUMP-PP-8300-B-1 PP600A	3 3,1 3,2
Gen Cntr2 OFF	Integrated	Gen CENT.TRBN 2 trip	Gen CENT.TRBN 2 OFF	3

Nama kasus	Konfigurasi	Keterangan kasus	Aksi	Waktu (s)
Gen Cntr2 OFF LS 1	Integrated	Gen CENT.TRBN 2 trip Load Shedding 1	Gen CENT.TRBN 2 OFF New P1 New P2 New P3 PP600B	3 3,441
Gen G102-D OFF LS1	StandAlone	Gen G102-D trip Load shedding 1	Gen G102-D OFF S PUMP PP-8300 A-1, S-PUMP PP 8300 B-1, PP-600A, PP600B	3 13
Gen G102-D OFF	Integrated	Gen G102-D trip	Gen G102-D OFF	3
Gen ONAN DIESEL OFF LS 1	StandAlone	Gen ONAN DIESEL trip Load Shedding 1	Gen ONAN DIESEL OFF MUDI A1 MTR-WTR-DSPSL-1 #M-PP1150-A MUDI A19	3 3,38

Nama kasus	Konfigurasi	Keterangan kasus	Aksi	Waktu (s)
Gen ONAN DIESEL OFF LS 1	StandAlone	Gen ONAN DIESEL trip	Gen ONAN DIESEL OFF	3,38
Gen ONAN DIESEL OFF	Integrated	Gen ONAN DIESEL trip	Gen ONAN DIESEL OFF	3
Gen CNT + CNT2 OFF	Integrated	Generator CNT trip dan CNT 2 trip	Generator CNT OFF + Generator CNT 2 OFF	3
Gen CNT + CNT2 OFF LS 1	Integrated	Generator CNT trip dan CNT 2 trip Load Shedding 1	Generator CNT OFF + Generator CNT 2 OFF New P1 New P2 New P3	3 3,24
Gen CNT + CNT2 OFF LS 2	Integrated	Generator CNT trip dan CNT 2 trip Load Shedding 1 Load Shedding 2	Generator CNT OFF + Generator CNT 2 OFF New P1 New P2 New P3 New P4 PP600A MTR-WTR-DSPL-1	3 3,24 3,441

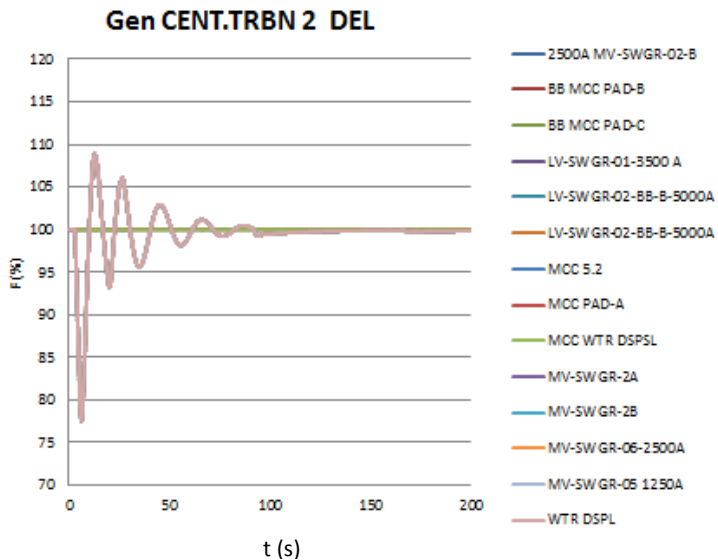
Nama kasus	Konfigurasi	Keterangan kasus	Aksi	Waktu (s)
MtrStart 1	StandAlone	Motor S-PUMP PP-8300-A Start	CB-SP-A Close	3
MtrStart 1	Integrated	Motor S-PUMP PP-8300-A Start	CB-SP-A Close	3
MtrStart 2	StandAlone	NewP4 Start	CB-NP4 Close	3
MtrStart 2	Integrated	NewP4 Start	CB-NP4 Close	
SC	Integrated	ShortCircuit	2500A-MV-SWGR-02-B ShortCircuit CB open	3 3,1
SC	StandAlone		MV-SWGR-2-A ShortCircuit CB open	3 3,1

4.3 Simulasi Stabilitas Transient

Pada subbab akan dijelaskan hasil analisa stabilitas transient perkusus dan ditunjukkan beberapa gambar hasil simulasi untuk memperjelas analisa.

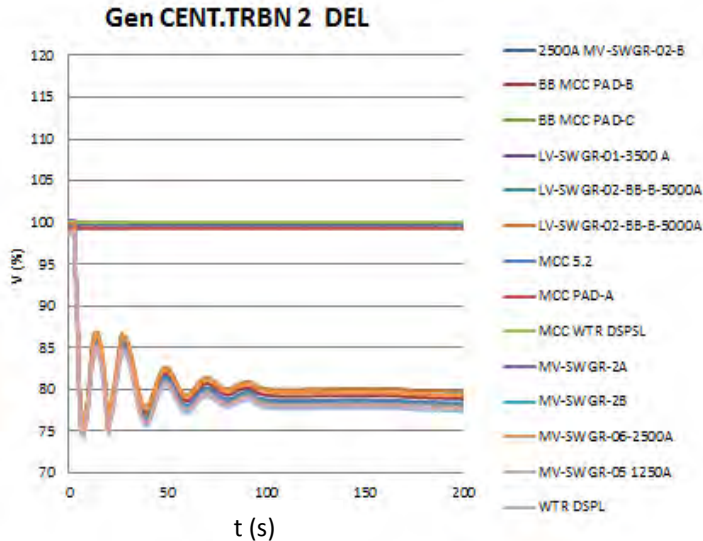
4.3.1 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)

Lepasnya Gen CENT.TRBN 2 mempengaruhi frekuensi sistem. Pada gambar 4.3 terlihat penurunan frekuensi sampai dengan 77%. Namun setelah gangguan frekuensi dapat kembali ke kondisi steady state dengan nilai 99,8%.



Gambar 4.3 Respon Frekuensi Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)

Lepasnya Gen CENT.TRBN 2 menyebabkan frekuensi beresilasi sampai dengan nilai 77% yang membahayakan sistem. Untuk itu diperlukan load shedding jika melihat respon frekuensi ini. Kemudian akan ditampilkan respon tegangan setelah gangguan CNTR2 lepas.



Gambar 4.4 Respon Tegangan Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)

Respon tegangan pada saat Gen CENT.TRBN 2 lepas, turun secara signifikan mencapai 75% - 84,4% untuk bus BB MCC PAD-B, BB MCC PAD C, LV-SWGR-02-BB-A-500A, LV-SWGR-02-BB-B-500A, MCC 5.2, MV-SWGR-2-A, MV-SWGR-2-B, MV-SWGR-06-2500A, MV-SWGR-05 1250A, WTR DISPOSAL pada kondisi steady state.

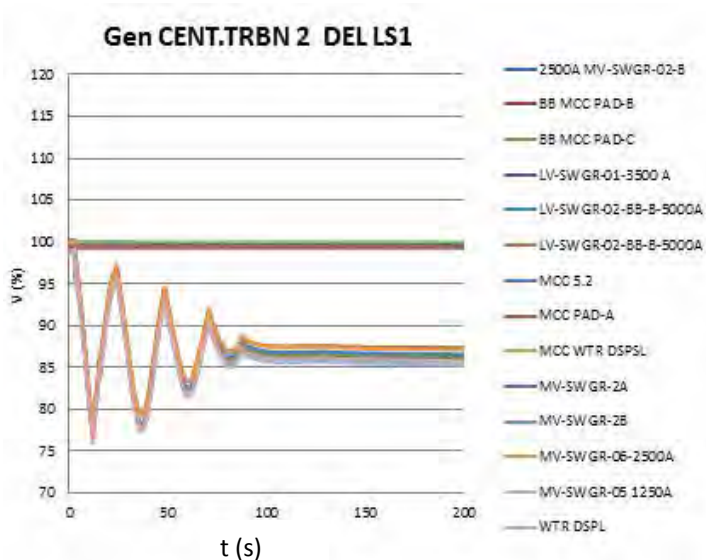
Pada saat Gen CENT.TRBN 2 lepas, sistem kehilangan 1,2MW pembangkitan, sedangkan total beban tetap. Hal ini menyebabkan ketidakstabilan pada sistem. Penurunan tegangan dan frekuensi yang besar dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama dapat mengganggu stabilitas sistem dan dapat berakibat kerusakan pada peralatan listrik, khususnya pada beban motor. Untuk itu

dibutuhkan penanganan yang cepat dan handal untuk mengatasi permasalahan ini.

4.3.2 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,1s$)

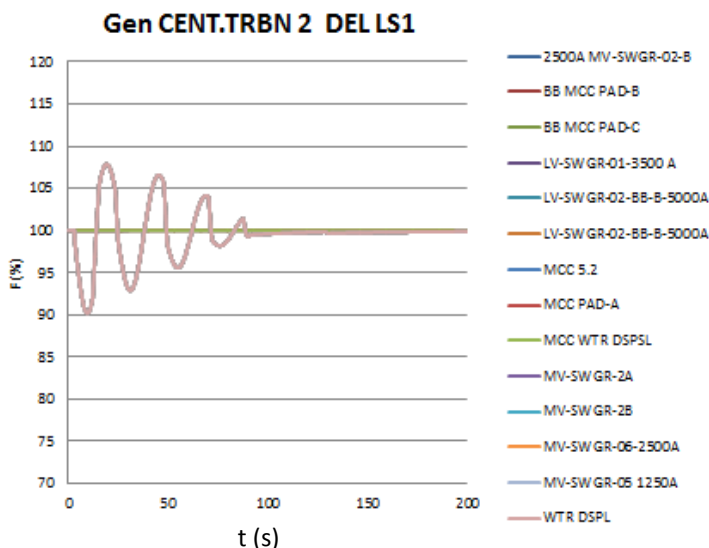
Kasus frekuensi yang mencapai 77% dan under voltage pada sistem dapat diatasi dengan metode Load Shedding. Pelepasan beban pertama dilakukan saat frekuensi mencapai 98,83% dari frekuensi normal. Load shedding tahap 1 memerlukan delay 6 cycle. Total beban yang dilepas pada pelepasan beban sebesar 0,8475 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal ini beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting.

Selanjutnya akan ditunjukkan respon tegangan pada mode operasi GEN OFF saat pelepasan beban sebesar.



Gambar 4.5 Respon Tegangan Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,3s$)

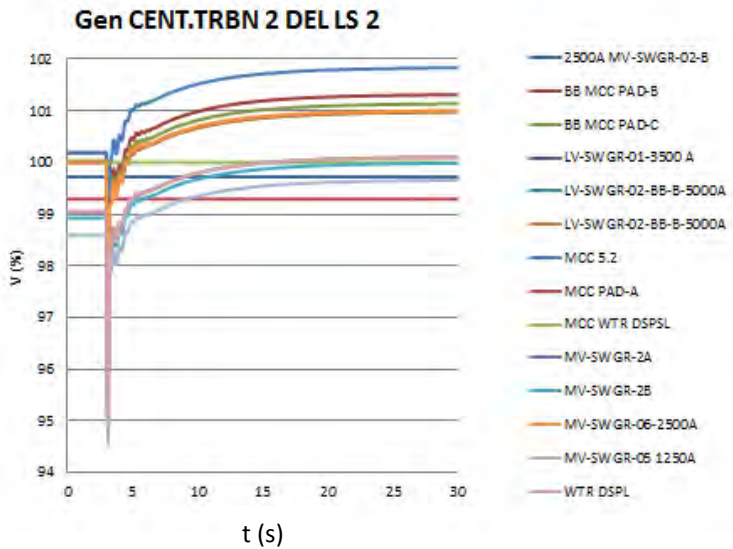
Pada gambar dapat dilihat respon frekuensi pada bus saat pelepasan beban pertama. Pelepasan beban setelah terjadinya gangguan generator lepas menunjukkan sistem yang terus berosilasi pada range 90,5% - 105,38%. Hal ini menunjukkan frekuensi belum mencapai kestabilan yang diharapkan , oleh karena itu diperlukan load shedding tahap 2.



Gambar 4.6 Respon Frekuensi Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 1. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 *Delete* ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,3s$)

Pada setelah dilakukan pelepasan beban sebesar 0,8475 MW dan beban yang dilepas adalah S PUMP PP-8300 A-1, S-PUMP PP 8300 B-1, PP-600A, PP600B beban dilepas berasal dari PP1 dan PP2.

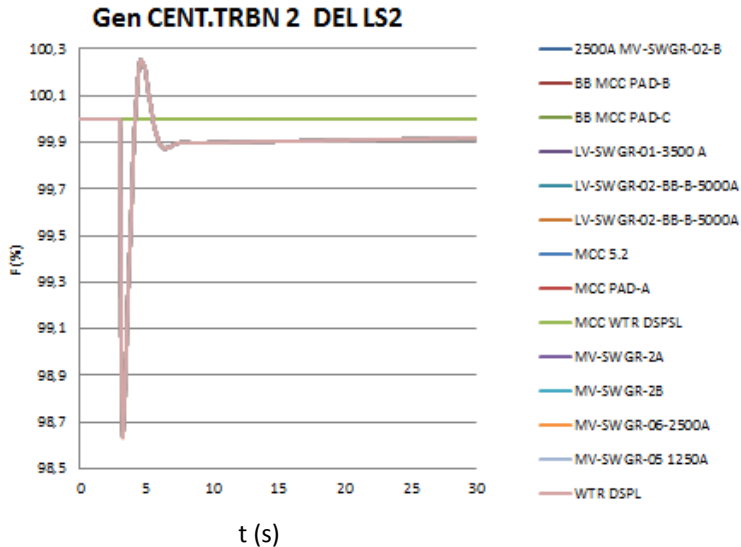
4.3.3 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,1s$) Load Shedding 2 ($t=3,2s$)



Gambar 4.7 Respon Tegangan Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,121s$) Load Shedding 2 ($t=3,221s$)

Load shedding tahap 2 dilakukan pada saat frekuensi sistem turun hingga mencapai 98,16% dan ditambah delay 6 cycle. Total beban yang dilepas pada pelepasan beban sebesar 0,62 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan

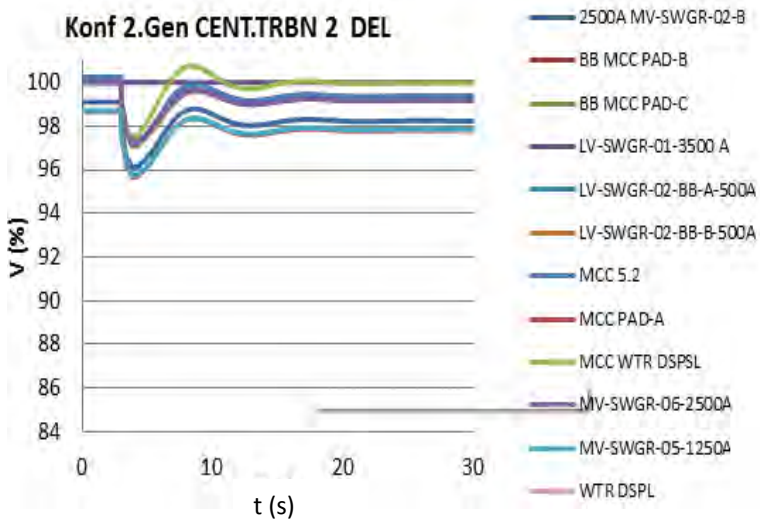
Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal in beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting.



Gambar 4.8 Respon Frekuensi Saat Konf 1. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS 2. StandAlone : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,1s$) Load Shedding 2 ($t=3,2s$)

Dari gambar terlihat bahwa frekuensi sistem mengalami penurunan sebesar 98,7% dimana penurunan ini masih aman karena frekuensi sistem kembali stabil dan mencapai kondisi steady state pada nilai 99,9%. Batas nilai underfrequency yang diijinkan untuk syarat continous operation pada generator steam yaitu 99,2% atau 49,6%.

4.3.4 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)



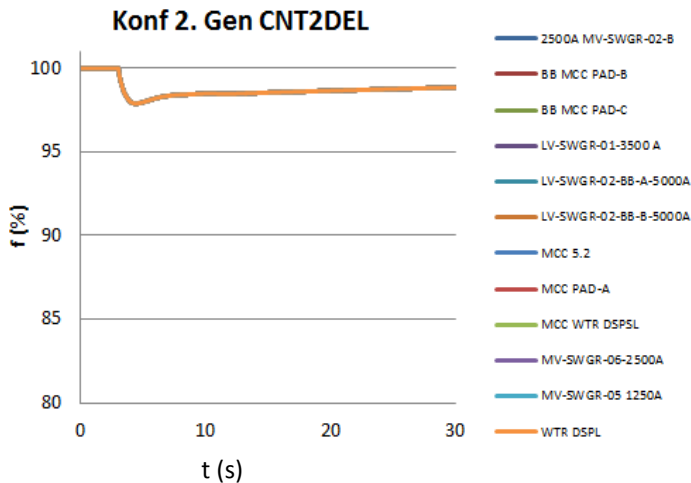
Gambar 4.9. Respon Tegangan Saat Konf 2. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)

Pada konfigurasi integrasi atau konfigurasi 2 pada saat terjadi gangguan gen centaur 2 lepas terlihat sistem lebih stabil dibandingkan dengan konfigurasi standalone atau konfigurasi 1. Setelah terjadi gangguan pada detik ke 21 sistem mencapai keadaan steady state dengan nilai tegangan minimal sebesar 97,8. Pada saat generator lepas terjadi voltage sagging namun besarnya masih aman menurut standar SEMIF 47 . Nilai tegangan masih dalam standar karena berada dalam range -10% dan +5%. Amannya nilai tegangan tidak diikuti oleh stabilnya frekuensi sistem, frekuensi mencapai kondisi steady state dengan nilai 98%. Oleh karena itu diperlukannya load shedding.

Seperti yang diketahui saat CNT 2 hilang dari sistem maka sistem kehilangan 1,5 MW daya pembangkitan, daya ini yang

kemudian akan disulang oleh sisa dari pembangkit yang aktif lainnya.

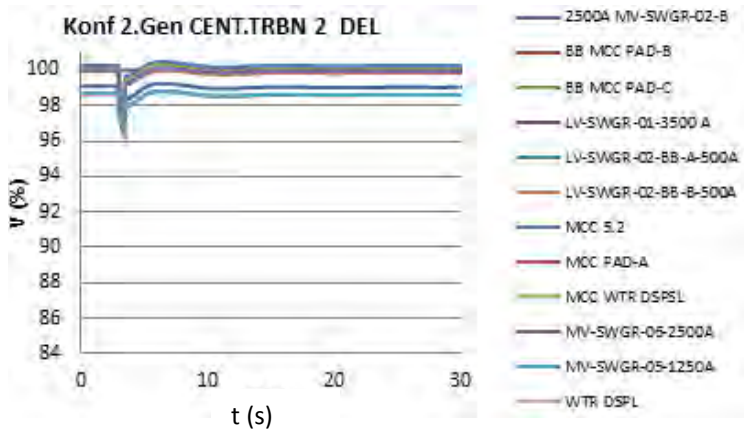
Seperti yang diketahui respon frekuensi aman peraturan menteri energi dan sumber daya alam no 3 tahun 2007, batas aman pada kondisi steady state adalah $\pm 1\%$ dengan nilai frekuensi terendah mencapai 95% dari frekuensi nominalnya. Maka dari itu diperlukan load shedding untuk mengembalikan frekuensi kembali ke nilai 99%.



Gambar 4.10 Respon Frekuensi Saat Konf 2. Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$)

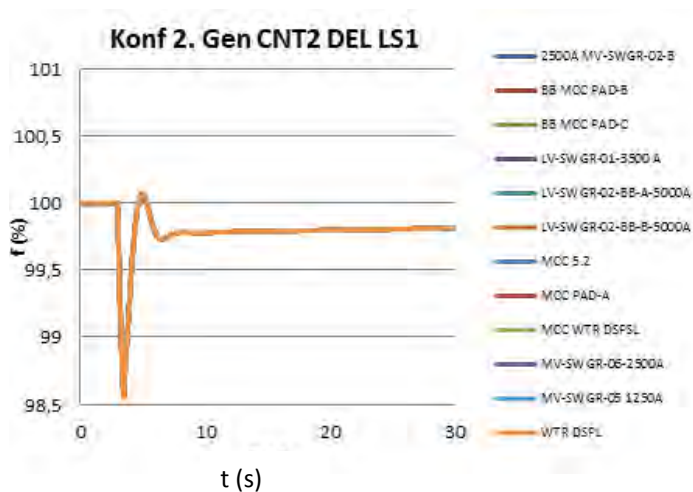
Pada mode operasi selanjutnya akan dilakukan pelepasan beban untuk mengembalikan nilai frekuensi dalam kondisi steady state sebesar 99% supaya kondisi sistem dapat kembali aman.

4.3.5 Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 (3,441)



Gambar 4.11 Respon tegangan Saat Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 (3,441)

Pelepasan beban pertama dilakukan saat frekuensi mencapai 98,83% dari frekuensi normal. Load shedding tahap 1 memerlukan delay 6 cycle. Total beban yang dilepas pada pelepasan beban sebesar 0,9 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal ini beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting. Dapat dilihat melalui Gambar 4.11 bahwa tegangan sistem mencaai kondisi steady state pada level tegangan 98%-100% yang tentunya masih dalam batas aman karena standar respon tegangan dari sistem masih diizinkan karena berada dalam range -10% dan +5%.



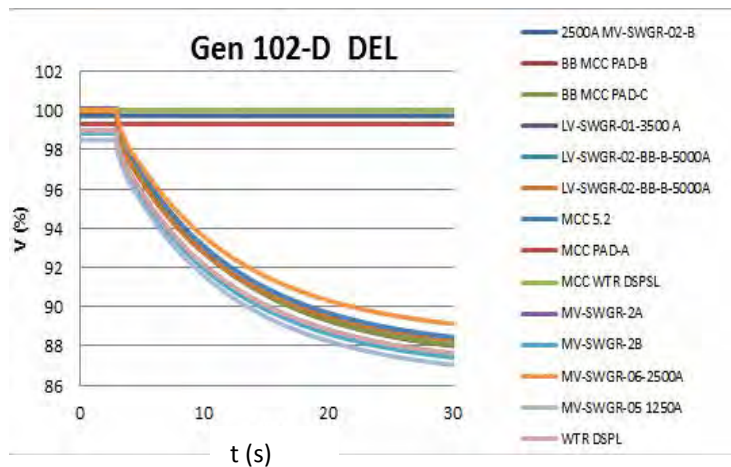
Gambar 4.12 Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen CENT.TRBN 2 OFF LS1. Integrasi : Gen CENT.TRBN 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 (3,441)

Frekuensi sistem pada Gambar 4.12 seperti dapat dilihat , saat terjadi gangguan frekuensi turun mencapai 98,6 lalu dengan cepat frekuensi dapat naik kembali dan mencapai kondisi steady state dengan nilai sebesar 99,8%. Hal ini tentunya masih dalam batas aman karena respon frekuensi yang aman menurut peraturan menteri energi dan sumber daya alam no 3 tahun 2007, batas aman pada kondisi steady state adalah $\pm 1\%$ dengan nilai frekuensi terendah mencapai 95% dari frekuensi nominalnya.

Dapat dibandingkan untuk kasus CNTR 2 Outage pada konfigurasi standalone memerlukan 2 tahap pelepasan beban sedangkan untuk konfigurasi integrasi hanya memerlukan 1 tahap pelepasan beban. Sehingga jika dibandingkan lebih efektif menggunakan konfigurasi integrasi.

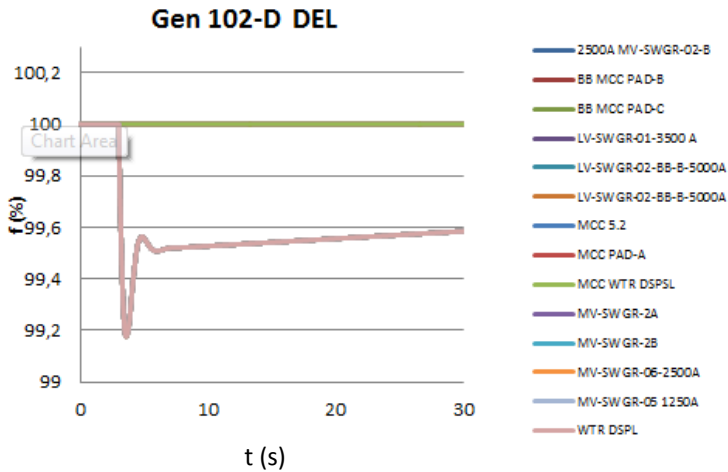
4.3.6 Mode operasi Gen 102-D OFF. StandAlone : Gen 102-D Delete ($t=3s$)

Gambar 4.9 dapat ditunjukkan bahwa sistem mengalami gangguan *generator outage* ketika detik ke-3 dengan lama simulasi 30 detik . Dari gambar dapat dilihat sistem mengalami penurunan tegangan mulai dari waktu gangguan dan terus menerus, sehingga sistem tidak dapat kembali ke posisi steady state. Hal ini dapat mengganggu kestabilan sistem secara keseluruhan sehingga diperlukan pelepasan beban.



Gambar 4.13. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete ($t=3s$)

Pada saat G102-D lepas dari sistem, sistem secara keseluruhan kehilangan 0,55MW sehingga beban yang disuplai oleh generator yang lain akan lebih berat.

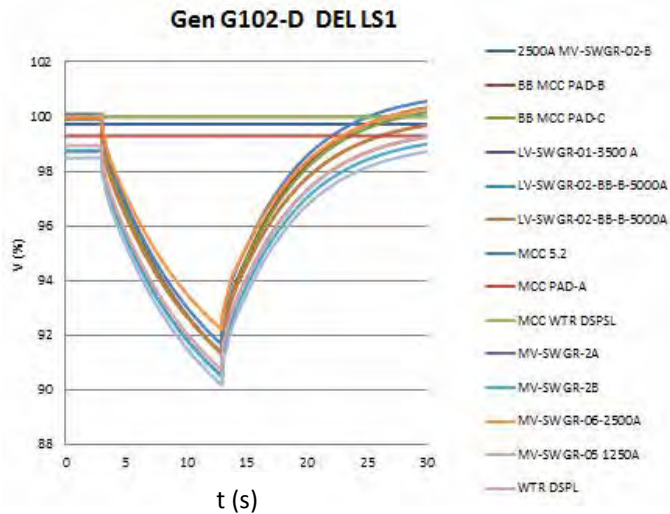


Gambar 4.14 .Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete ($t=3s$)

Frekuensi pada saat gangguan turun mencapai nilai terendah yaitu 99,19% atau 59,514Hz, dengan perlahan setelah gangguan frekuensi mampu naik kembali mencapai keadaan steady state dengan nilai 99,6%. Respon frekuensi pada tiap bus ini masih tergolong aman karena mampu mempertahankan nilai 99,6% dalam keadaan continuous operation. Namun tidak dengan nilai tegangan, maka dari itu diperlukan pelepasan beban untuk memperbaiki nilai tegangan agar tidak under voltage , karena penurunan tegangan yang besar dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama dapat mengganggu stabilitas sistem dan dapat berakibat kerusakan pada peralatan listrik, khususnya pada beban motor. Dalam kasus berikutnya akan ditunjukkan respons sistem setelah dilakukannya pelepasan beban untuk memperbaiki tegangan sistem. Adapun beban yang di lepas adalah sebesar 0,89 MW, adapun beban yang dilepas adalah beban yang dianggap fungsinya tidak terlalu penting dalam proses produksi di Plant CPA PT Petrochina Tuban.

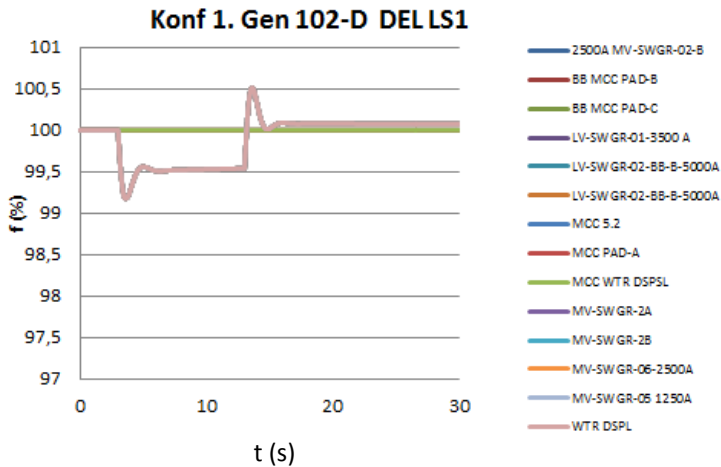
4.3.7 Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=13s$)

Untuk konfigurasi standalone dengan mode operasi ini Generator 102-D disimulasikan outage pada saat 3 detik setelah sistem bekerja, lalu kemudian dilakukan pelepasan beban di PP1 dan PP2, beban yang dilepas adalah S PUMP PP-8300 A-1 sebesar 282,5 KWatt ; S-PUMP PP 8300 B-1 sebesar 211,8 Kwatt ; PP-600A sebesar 54,56 Kwatt ; PP600B sebesar 54,56Kwatt. Sehingga beban yang dilepas adalah sebesar 0,89MW.



Gambar 4.15. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=13s$)

Pada saat gangguan lepas nya generator G102-D pada saat $t=3$, tegangan sistem turun dengan nilai tegangan yang tidak diperbolehkan karena terjadi undervoltage. Maka dari itu dilakukan pelepasan beban. Saat terjadi pelepasan beban tegangan sistem beranjak naik sampai dengan tegangan dengan nilai 100,9 %.

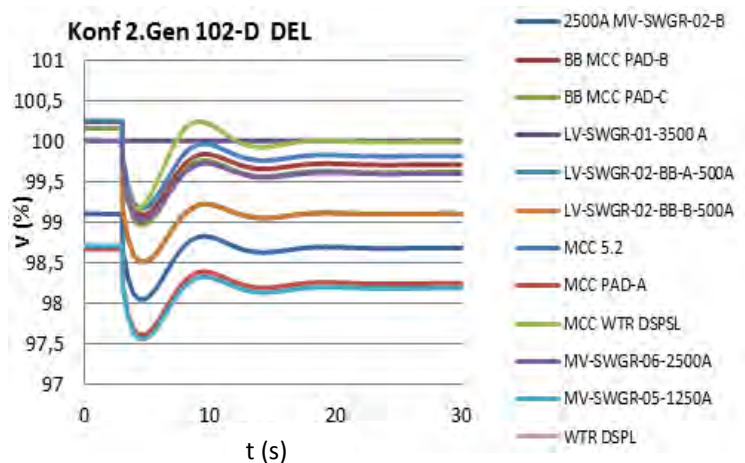


Gambar 4.16 Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. StandAlone : Gen G102-D Delete ($t=3$ s) Load Shedding 1 ($t=13$ s)

Frekuensi sistem saat terjadi gangguan yaitu pada detik ke 3 adalah mengalami penurunan sebesar 99,3% atau sebesar sekitar 59,64Hz . Lalu setelah terjadi pelepasan beban frekuensi mulai beranjak naik dan mampu mempertahankan kestabilannya di nilai 100% atau kembali ke nilai normal seperti sebelum terjadinya gangguan.

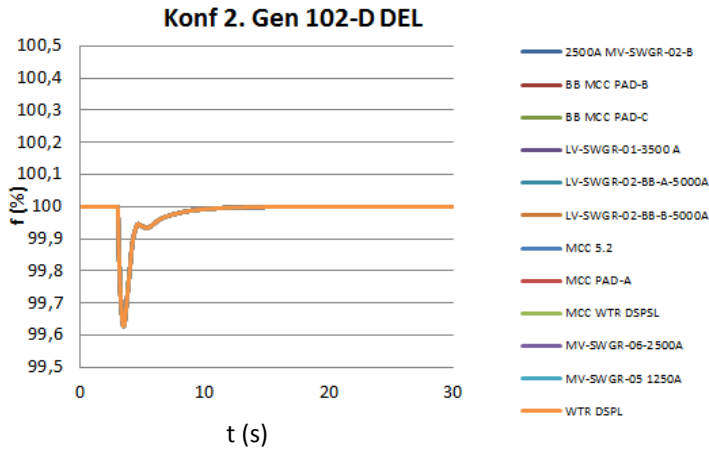
4.3.8 Mode operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete ($t=3s$)

Pada konfigurasi integrasi dengan mode operasi yang sama dengan sebelumnya akan dibandingkan respon tegangan dan frekuensi sistem. Untuk kasus GEN 102-D outage pada konfigurasi integrasi tidak mempengaruhi kestabilan sistem baik dari frekuensi maupun tegangan. Berbeda dengan konfigurasi standalone, konfigurasi integrasi dapat mempertahankan nilai aman dengan kestabilan steady state tanpa harus melepas beban apapun.



Gambar 4.17. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete ($t=3s$)

Pada saat terjadinya gangguan yaitu detike ke 3 sistem mengalami penurunan tegangan dengan tegangan bus terendah mencapai 97,5%. Namun meskipun tegangan mengalami penurunan saat terjadinya gangguan, tegangan mampu naik kembali menuju kondisi steady state dengan nilai terendah 98,6%. Tegangan tiap bus berbeda karena variasi beban per bus. Dari Gambar 4.17 tegangan sistem baik saat terjadi gangguan maupun setelah gangguan masih dapat dikatakan aman.

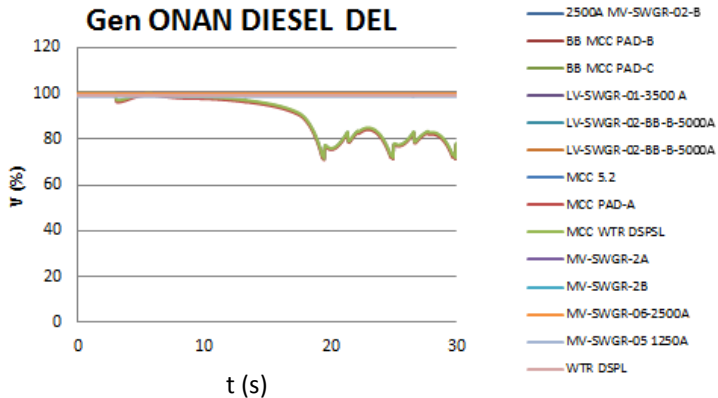


Gambar 4.18. Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen G102-D OFF. Integrasi : Gen G102-D Delete ($t=3$ s)

Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa saat terjadi gangguan yaitu gen 102-D outage pada detik ke 3, terjadi penurunan frekuensi hampir di semua bus yaitu sebesar 99,67% dari frekuensi 60Hz. Setelah gangguan >3 detik, sistem dapat kembali meraih kondisi steady state dengan nilai frekuensi sama dengan frekuensi sebelum gangguan. Dari gambar diatas dapat di simpulkan bahwa frekuensi sistem saat gangguan maupun setelah gangguan dapat dikatakan masih aman sehingga tidak mengganggu stabilitas sistem.

Untuk kasus Gen 102-D outage pada konfigurasi standalone dan pada konfigurasi integrasi dapat disimpulkan bahwa konfigurasi standalone memerlukan pelepasan beban saat terjadi gangguan untuk mencapai kondisi stabil dan aman, sedangkan konfigurasi integrasi dapat mempertahankan kesetabilannya baik saat gangguan maupun setelah gangguan terjadi.

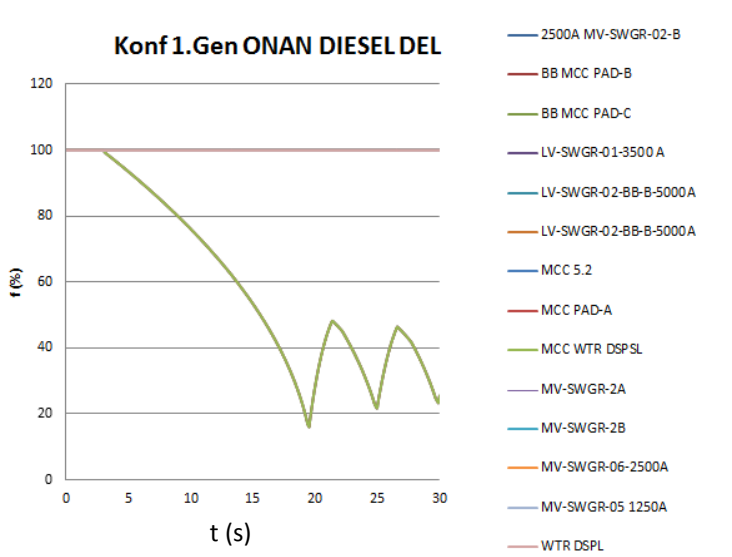
4.3.9 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3s$)



Gambar 4.19. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3s$)

Pada mode operasi Gen ONAN DIESEL outage sistem kehilangan pembangkitan sebesar 1,5MW . Pada kasus ini diuji apakah sistem pada konfigurasi standalone dapat mempertahankan kestabilannya, lalu dibandingkan dengan konfigurasi integrasi.

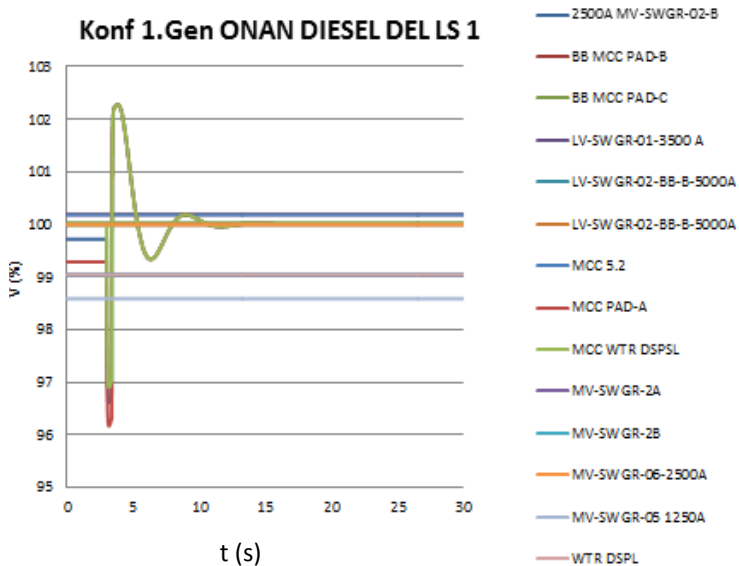
Mula mula sistem berjalan normal sampai pada detik ke 3 sistem mengalami gangguan yaitu lepas nya Gen ONAN DIESEL dari sistem, saat gangguan, tegangan pada hampir seluruh bus mengalami penurunan. Fenomena ini disebut voltage sagging. Besarnya penurunan tegangan saat gangguan yaitu mencapai 96,3%. Namun sistem dapat memperbaiki tegangan yang drop tersebut sehingga tegangan setelah gangguan naik perlahan dengan kondisi steady state sebesar 99,3% . Namun setelah itu sistem kembali tidak dapat mempertahankan kestabilannya dan terjadi undervoltage di hampir semua bus. Untuk itu diperlukan load shedding untuk memperbaiki tegangan tersebut. Selanjutnya akan diperlihatkan respon frekuensi di sistem saat terjadi gangguan.



Gambar 4.20. Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3s$)

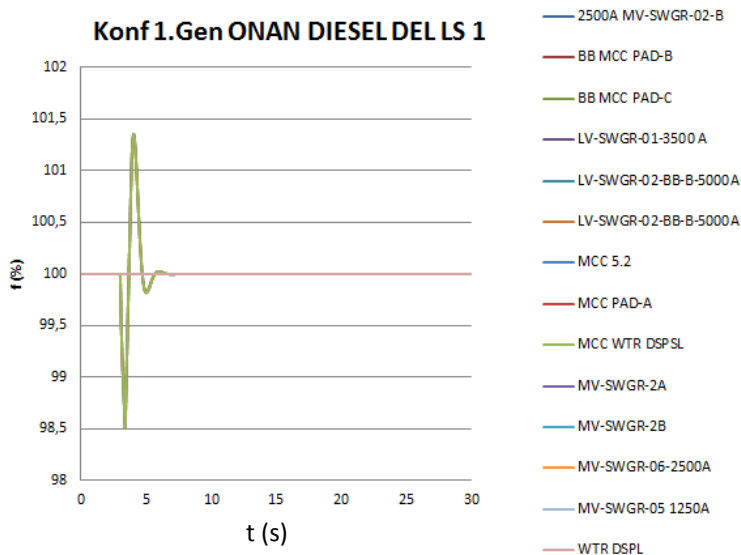
Pada Gambar 4.20 terlihat frekuensi sistem saat terjadi gangguan dan setelah terjadi gangguan. Pada saat generator ONAN DIESEL outage pada detik ke 3, frekuensi mengalami penurunan mencapai hingga 20%, dan kembali naik sampai 50%. Osilasi ini terjadi pada detik ke 19 saat setelah gangguan sistem berupaya menyesuaikan dengan perubahan pembebanan. Nilai frekuensi tersebut sangat berbahaya jika dibiarkan karena akan merusak sistem. Respon frekuensi aman peraturan menteri energi dan sumber daya alam no 3 tahun 2007, batas aman pada kondisi steady state adalah $\pm 1\%$ dengan nilai frekuensi terendah mencapai 95% dari frekuensi nominalnya. Untuk itu diperlukan load shedding untuk mencegah supaya frekuensi sistem tidak seperti diatas. Selanjutnya akan dilakukan pelepasan beban 1 tahap untuk memperbaiki sistem frekuensi.

4.3.10 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3s$) Load Shedding 1($t=3,38$)



Gambar 4.21. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3s$) Load shedding 1($t=3,36$)

Pelepasan beban pertama dilakukan saat frekuensi mencapai 98,83% dari frekuensi normal. Load shedding tahap 1 memerlukan delay 6 cycle . Total beban yang dilepas pada pelepasan beban sebesar 0,7 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal ini beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting. Setelah dilakukan load shedding tegangan sistem dapat mencapai kondisi steady state pada detik ke 15 dengan nilai 98-100%.

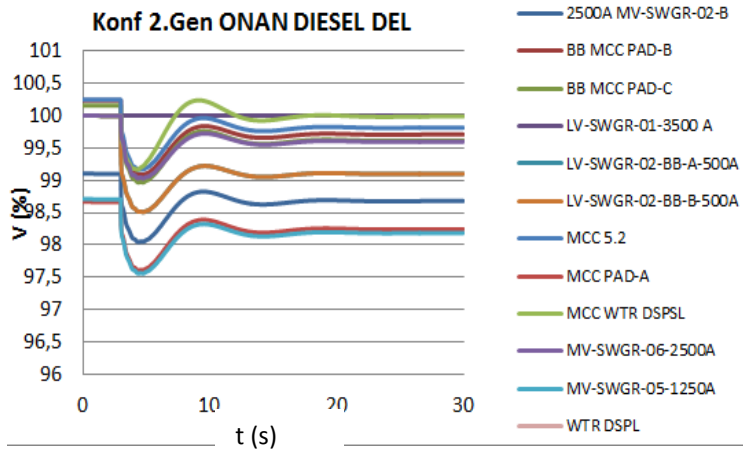


Gambar 4.22. Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF LS 1. StandAlone : Gen ONAN DIESEL Delete ($t=3s$) Load shedding 1($t=3,36$)

Pada Gambar 4.22 dapat dilihat respon frekuensi saat setelah dilakukannya load shedding tahap 1.

Saat terjadi gangguan frekuensi sistem drop mencapai 98,5% dan kembali naik sampai 101,3% dan mencapai kondisi steady state pada detik ke 6 dengan nilai steady state nya 100%. Kondisi ini sudah aman karena menurut peraturan pemerintah esdm nomor 03 tahun 2007, kondisi *steady state* frekuensi sistem dipertahankan kisaran $\pm 0,2$ Hz atau 99,6%. Sehingga tidak diperlukan load shedding tahapan lanjutan.

4.3.11 Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DIESEL Delete ($t=3s$)

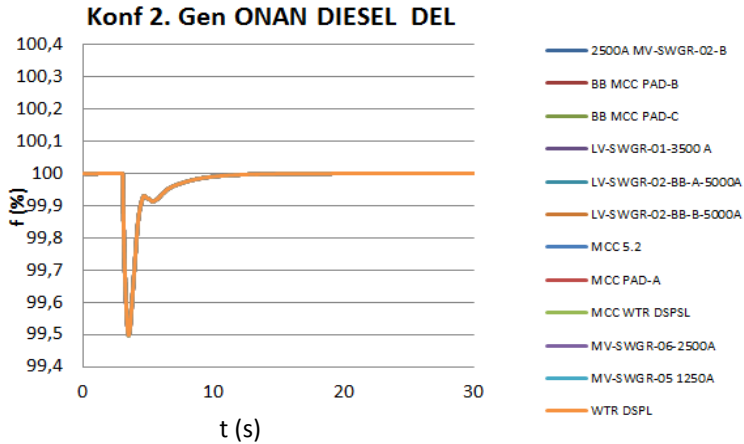


Gambar 4.23. Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DIESEL Delete ($t=3s$)

Pada konfigurasi integrasi dengan mode operasi Gen ONAN DIESEL outage, akan dilihat respon frekuensi dan tegangan, kemudian dibandingkan dengan konfigurasi standalone.

Mula mula sistem dibebani normal dengan keadaan semua generator aktif beroperasi normal. Pada detik ke 3 terjadi gangguan yaitu gen ONAN DIESEL lepas dari sistem. Tegangan saat terjadi gangguan mengalami penurunan sampai pada tegangan terendah yaitu 97,5%. Namun sistem dapat kembali mencapai kestabilannya dan mencapai kondisi steady state pada detik ke 24 dengan tegangan terendah 98,2%. Voltage sagging yang terjadi pada saat gangguan masih dalam batas aman. Sehingga dapat disimpulkan untuk mode operasi dan konfigurasi ini respon tegangan adalah seperti respon tegangan pada konfigurasi standalone yaitu normal.

Pada Gambar 4.18 diperlihatkan respon frekuensi untuk mode operasi Gen ONAN DIESEL outage

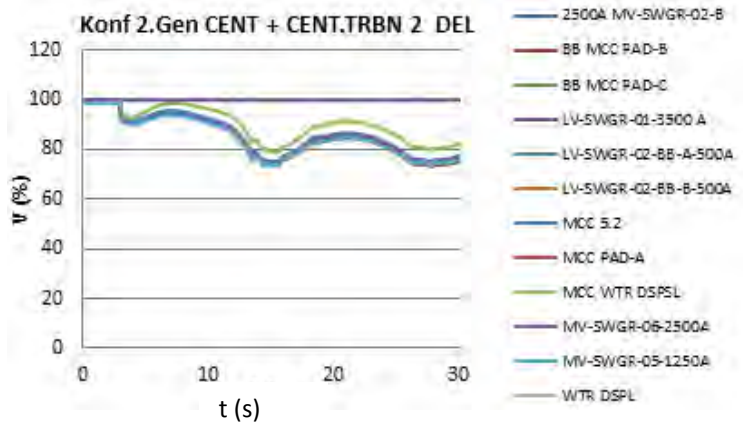


Gambar 4.24. Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen ONAN DIESEL OFF. Integrasi : Gen ONAN DISESL Delete ($t=3$ s)

Saat terjadi gangguan yaitu detik ke 3, frekuensi sistem di semua bus mengalami penurunan dengan nilai mencapai 99,5%. Namun setelah gangguan sistem dapat mencapai kestabilannya. Nilai frekuensi saat steady state adalah 100% dan dicapai pada detik ke 20.

Pada mode operasi Gen ONAN DIESEL outage konfigurasi standalone maupun integrasi, sistem dapat kembali stabil dengan batas aman tanpa dilakukan pelepasan beban.

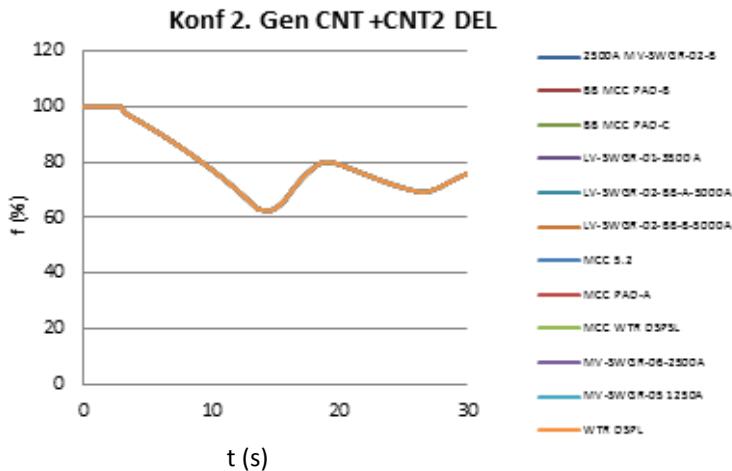
4.3.12 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 *Delete* ($t=3s$)



Gambar 4.25 Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 *Delete* ($t=3s$)

Setelah dilakukan pengamatan pada konfigurasi integrasi, sistem tidak selalu dapat mempertahankan kestabilannya pada saat terjadi kasus dimana 1 generator mengalami gangguan yaitu lepasnya dari sistem. Pada mode operasi ini akan diamati pada konfigurasi integrasi bila 2 generator mengalami outage. Kejadian ini mungkin terjadi apabila pada saat Gen CENT 2 Outage pada saat yang hampir bersamaan Gen CNT harus di maintainance.

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat respon tegangan saat dan setelah gangguan terjadi. Saat gangguan terjadi, hampir semua bus mengalami undervoltage terendah sebesar 70%. Terlihat bahwa tegangan tidak dapat mempertahankan kestabilannya, oleh karena itu diperlukan load shedding.

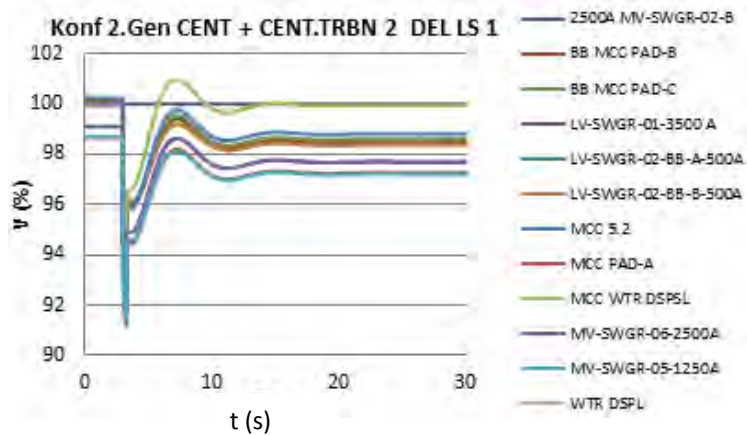


Gambar 4.26 Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 *Delete* ($t=3s$)

Pada Gambar 4.26 dapat dilihat respon frekuensi pada saat gen CNT dan CNT 2 outage. Pada mode operasi ini, frekuensi sistem saat gangguan mengalami penurunan mencapai nilai 63%.

Pada mode operasi ini dengan konfigurasi integrasi , tegangan dan frekuensi sistem dapat dikatakan tidak normal dan harus dilakukan load shedding.

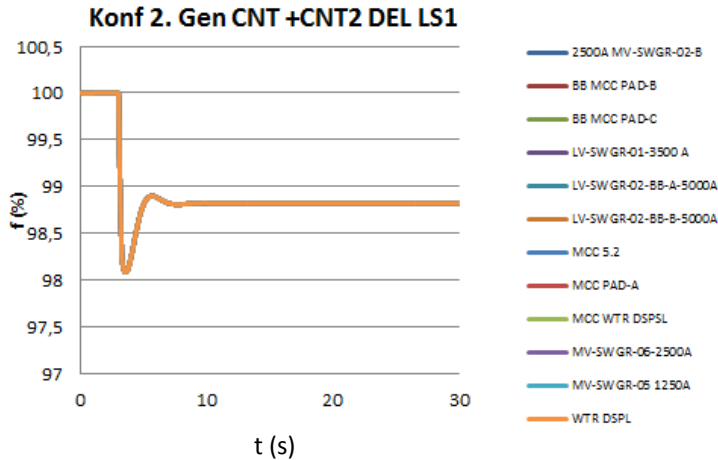
4.3.13 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF LS 1. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,24$)



Gambar 4.27 Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete ($t=3s$) Load shedding 1($t=3,26$)

Pelepasan beban pertama dilakukan saat frekuensi mencapai 98,83% dari frekuensi normal. Load shedding tahap 1 memerlukan delay 6 cycle atau 0,1 detik. Total beban yang dilepas pada pelepasan beban pada load shedding tahap pertama adalah sebesar 0,8 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal ini beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting.

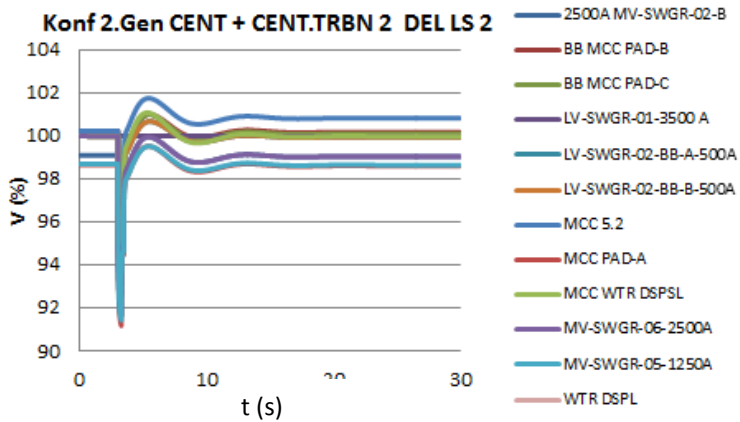
Setelah dilakukan load shedding tahap 1, tegangan sistem mencapai steady state pada detik ke 20 dengan nilai antara 96-100%. Pada situasi ini tegangan dapat dikatakan normal setelah load shedding tahap 1. Terjadi voltage sagging dengan tegangan terendah sebesar 91,6% ,tetapi masih dalam batas aman standart SEMI F47.



Gambar 4.28 Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 *Delete* ($t=3s$) *Load shedding 1*($t=3,26$)

Pada Gambar 4.28 dapat dilihat respon frekuensi saat telah dilakukannya load shedding tahap pertama. Frekuensi turun saat terjadi gangguan dengan nilai terendah sebesar 98,2%, tetapi frekuensi mampu mencapai keadaan steady state pada detik ke 8 dengan nilai 98,7%. Nilai frekuensi saat continous tergolong tidak aman karena menurut peraturan pemerintah esdm nomor 03 tahun 2007, kondisi *steady state* frekuensi sistem dipertahankan kisaran $\pm 0,2$ Hz atau 99,6%. Untuk itu diperlukan load shedding tahap kedua untuk mengembalikan frekuensi ke keadaan normal.

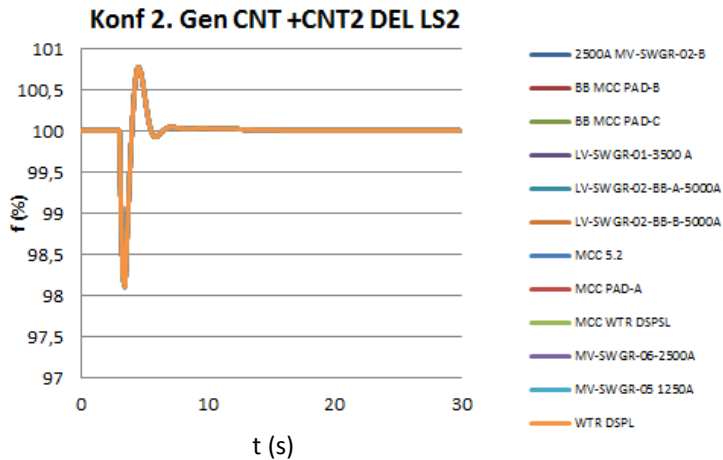
4.3.14 Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF LS 2. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete ($t=3s$) Load Shedding 1 ($t=3,24$) Load Shedding 2 ($t=3,41$)



Gambar 4.29 Respon Tegangan Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 Delete ($t=3s$) Load shedding 1($t=3,26$) Load shedding 2($t=3,41$)

Load shedding tahap 2 dilakukan pada saat frekuensi sistem turun hingga mencapai 98,16% dan ditambah delay 6 cycle atau 0,1 detik. Total beban yang dilepas pada pelepasan beban sebesar 0,62 MW. Jumlah beban keseluruhan dalam kondisi normal sebesar 7,3 MW. Skema pelepasan beban dilakukan sesuai dengan prosedur keamanan Pertamina-Petrochina Tuban Jatim. Dalam hal ini beban yang diperbolehkan dilepas, yakni beban yang dirasa tidak cukup penting.

Pada Gambar 4.29 terlihat tegangan mencapai kondisi steady state pada saat detik ke 12 dengan nilai tegangan terendah di nilai 99%. Kondisi ini aman karena standar respon tegangan dari sistem masih diizinkan karena berada dalam range -10% dan +5%.



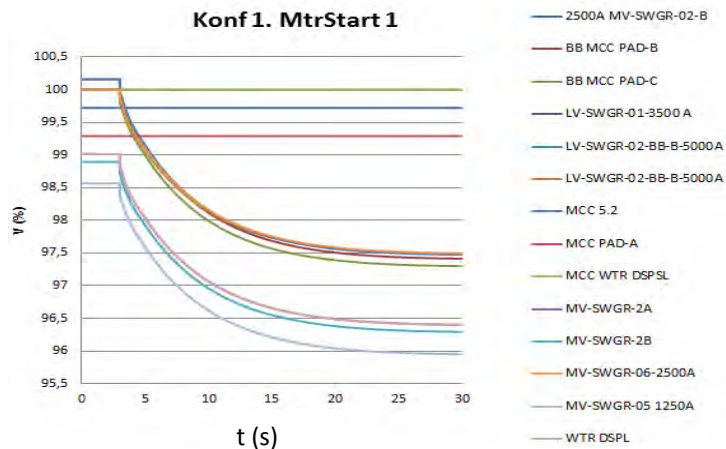
Gambar 4.30 Respon Frekuensi Saat Mode operasi Gen CNT + CNT 2 OFF. Integrasi : Gen CNT +CNT 2 *Delete* ($t=3s$) *Load shedding 1* ($t=3,26$) *Load shedding 2* ($t=3,41$)

Respon frekuensi pada Gambar 4.30 sudah kembali ke normal setelah dilakukannya load shedding tahap ke 2. Frekuensi mencapai kondisi steady state nya pada detik ke 12 dengan nilai 100%

4.3.15 Mode operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

Salah satu jenis gangguan yang dapat mengganggu stabilitas sistem adalah motor starting. Besar nya arus yang dibutuhkan pada saat starting motor, dapat menyebabkan tegangan pada bus motor turun secara signifikan, hal ini tergantung jenis motor dan besarnya daya beban motor.

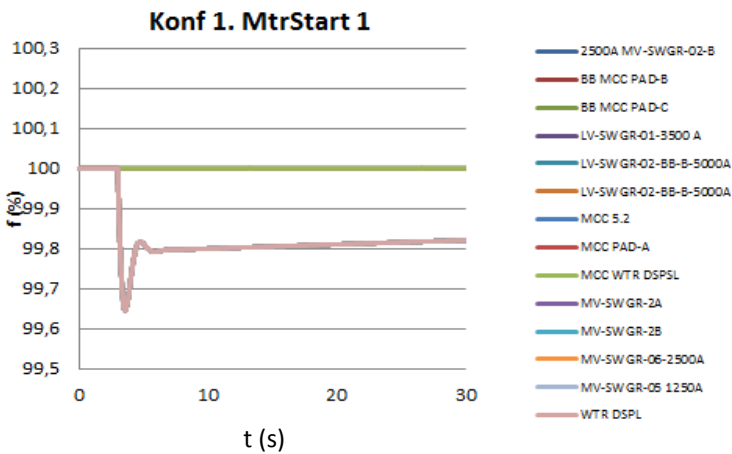
Sebagian besar beban yang ada di plant CPA merupakan beban motor. Beban motor dengan daya terbesar yakni motor dengan kapasitas 600HP berlokasi di PP1 dan PP2 dan disulang oleh bus MV-SWGR-2-A dan bus WTR DISPOSAL. Terdapat 4 motor di PP1 yang berkapasitas 600HP dan 1 motor yang berkapasitas 600HP di PP2.



Gambar 4.31 Respon Tegangan Saat Mode operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

Pada Gambar 4.21 dapat dilihat respon tegangan pada saat pengasutan motor. Motor yang dihasut adalah dengan kapasitas 600HP dimana merupakan kapasitas terbesar. Saat starting yaitu pada detik ke 3, menggunakan *Direct On Line(DOL) starting*, sistem mengalami penurunan tegangan terutama di bus bus yang

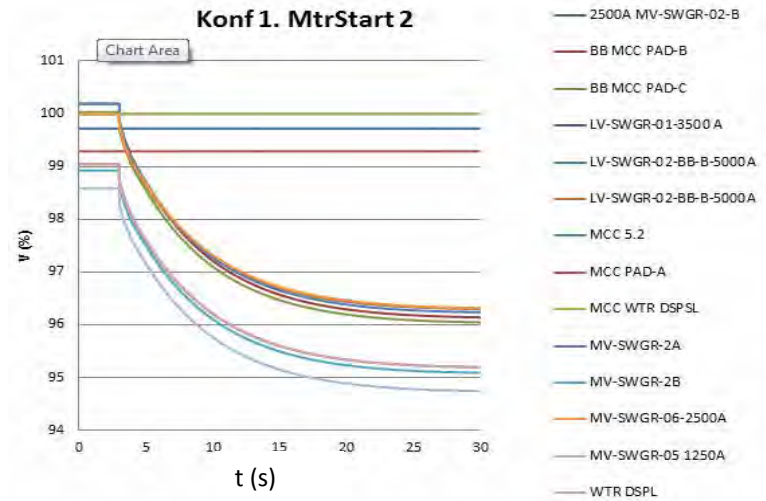
berhubungan langsung dengan motor dan bus bus di sekitar motor yang mengalami starting. Besarnya penurunan tegangan mencapai 95,9% dan mencapai kondisi steady state nya pada detik ke 28. Bus bus yang tidak mengalami penurunan tegangan pada saat starting motor adalah bus bus yang tidak mempunyai hubungan langsung dengan motor. Pada gambar selanjutnya akan ditampilkan respon frekuensi saat terjadi pengasutan motor.



Gambar 4.32 Respon rrekuensi Saat Mode operasi MtrStart 1. StandAlone : Motor Start, CB *Close* (*t*=3*s*)

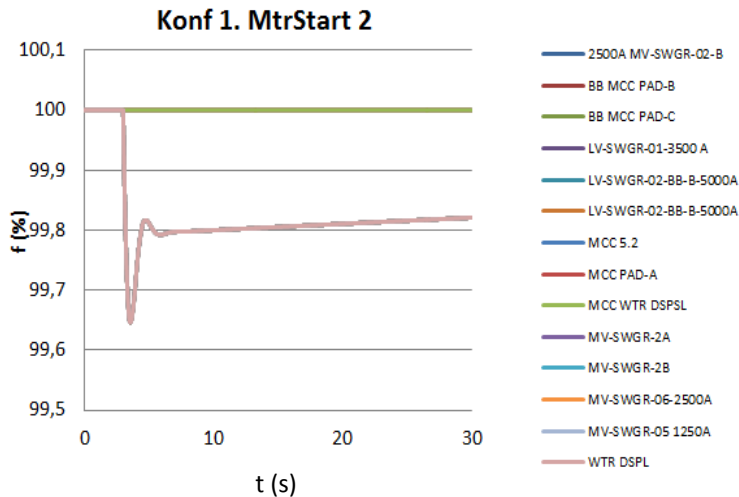
Pada Gambar 4.32 dapat dilihat respon frekuensi pada saat pengasutan motor. Saat terjadi gangguan yaitu starting motor, frekuensi sistem hampir ditiap bus mengalami penurunan mencapai 99,67%. Namun frekuensi setelah motor starting dilakukan dapat kembali naik yaitu mencapai 99,83. Frekuensi mencapai kondisi steady state pada detik ke 29.

4.3.16 Mode operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close ($t=3s$)



Gambar 4.33 Respon Tegangan Saat Mode operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

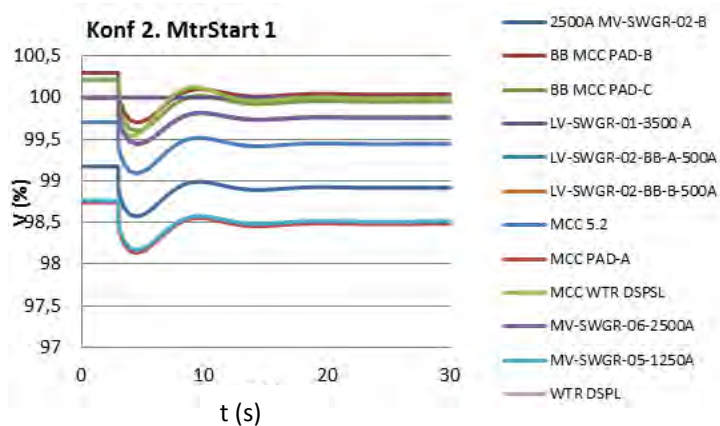
Pada konfigurasi ini jenis gangguannya adalah motor starting dan motor yang distart adalah motor NewP4 dengan kapasitas 600HP yang disulang oleh bus WATER DISPOSAL. Pada kondisi normal sebelum terjadi gangguan, tegangan bus sistem berada dalam rang 100,03 % - 98,9%. Saat motor di start menggunakan metode *direct on line* pada detik ke 3, terjadi penurunan tegangan terutama pada bus penyulang motor NewP4 dan bus yang berada disekitarnya. Penurunan tegangan berkisar pada range 94,8%-96,4%. Tegagan mencapai kondisi steady state pada detik ke 28. Kondisi tegangan pada saat mode operasi ini baik saat ataupun setelah gangguan masih dikategorikan aman karena masih dalam batas normal yaitu + -10%.



Gambar 4.34 Respon Frekuensi Saat Mode operasi MtrStart 2. StandAlone : Motor Start, CB Close ($t=3$ s)

Pada Gambar 4.34 di plot respon frekuensi sebelum, saat dan sesudah gangguan. Starting motor NewP4 menyebabkan frekuensi di bus sekitar WATER DISPOSAL mengalami penurunan, hal ini dikarenakan besarnya arus starting motor yang nilainya sekita $6I_n$ (arus nominal). Frekuensi saat terjadi gangguan drop dengan mencapai nilai 99,65% dan beberapa saat setelah motor berjalan frekuensi bergerak naik dan mencapai kondisi steady state pada detik ke 28 dengan frekuensi 99,82%. Hal ini masi aman karena batas nilai underfrequency yang diizinkan untuk syarat continous operation pada generator steam yaitu 99,2% atau 49,6%. Dalam hal ini generator tipe gas standar aman minimal frekuensi untuk operasi di bawah generator steam yaitu 97% sehingga standar aman frekuensi dapat terwakili.

4.3.17 Mode operasi MtrStart 1. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3s$)



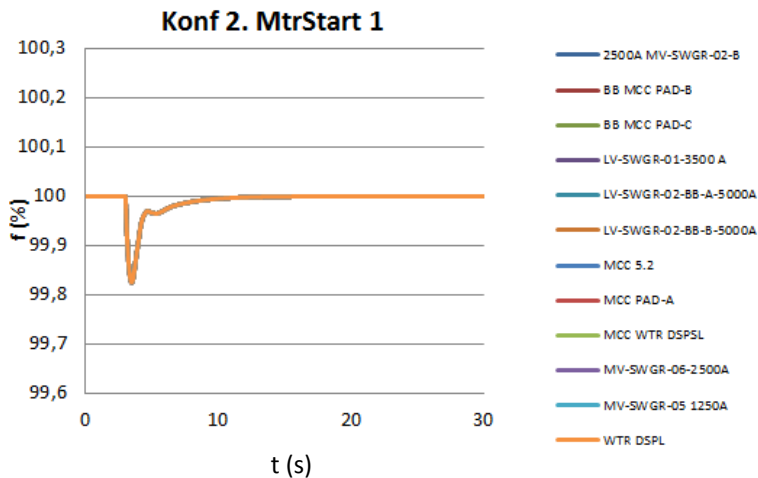
Gambar 4.35 Respon Tegangan Saat Mode operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

Pada konfigurasi standalone dapat dilihat untuk starting motor S-PUMP maupun New-P4 tidak terjadi masalah baik di tegangan sistem tiap bus maupun frekuensi. Pada mode operasi ini akan dilihat dan dibandingkan dengan konfigurasi integrasi.

Saat terjadi gangguan seperti yang diplot pada Gambar 4.35, tegangan sistem pada tiap bus mengalami penurunan sebesar 98,2%. Penurunan ini tidak berlangsung lama, karena tegangan kembali pada nilai normal kembali dan mencapai kondisi steady state pada detik ke 13.

Respon tegangan pada Gambar 4.35 masih dalam batas aman karena respon tegangan dari sistem berada dalam range -10% dan +5%. Voltage sagging yang dialami juga masih dalam batas aman menurut standar SEMI F47.

Selanjutnya akan diplot respon dari frekuensi pada saat gangguan motor starting.

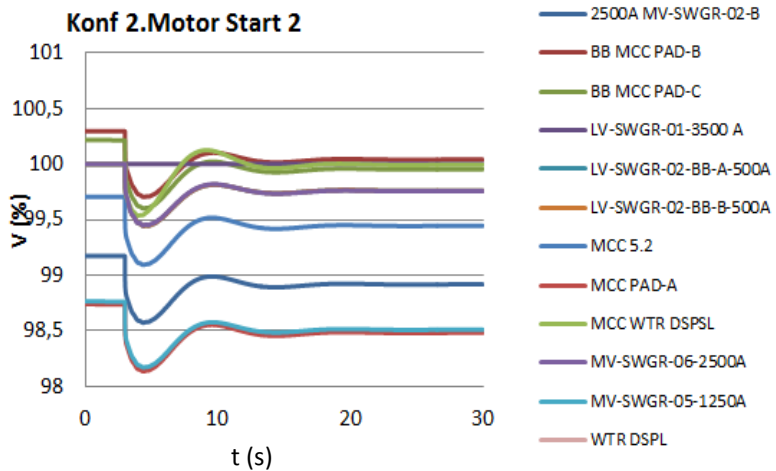


Gambar 4.36 Respon Frekuensi Saat Mode operasi MtrStart 1. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

Pada Gambar 4.36 respon frekuensi pada konfigurasi integrasi saat terjadi gangguan motor starting lebih baik dari pada konfigurasi standalone. Pada saat terjadi gangguan frekuensi turun tidak sebanyak konfigurasi stand alone, turunnya frekuensi pada konfigurasi ini hanya sebesar 99,83%. Frekuensi mampu kembali ke frekuensi normal 100% pada saat detik ke 18.

Dapat disimpulkan untuk pengasutan motor S-Pump sebesar 600HP lebih baik menggunakan konfigurasi integrasi, karena respon sistem baik frekuensi maupun tegangan setelah gangguan starting motor lebih baik dibanding pengasutan di konfigurasi standalone.

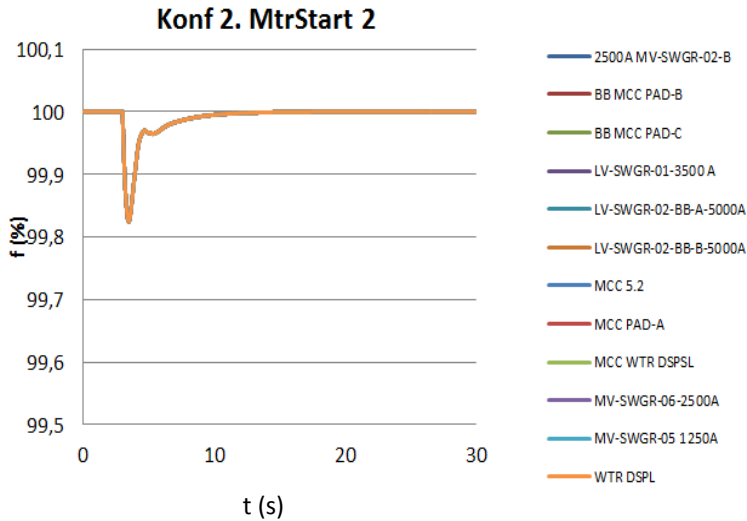
4.3.18 Mode operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3s$)



Gambar 4.37 Respon Tegangan Saat Mode operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3s$)

Pada mode operasi ini sistem dikenai gangguan motor starting. Motor yang di start adalah new pump P4 dengan kapasitas operasi sebesar 600HP. Motor new pump P4 di sulang oleh bus WATER DISPOSAL.

Saat terjadi gangguan motor starting, tegangan tiap bus mengalami penurunan. Penurunan tegangan bus paling rendah dialami oleh bus yang berkaitan langsung oleh operasi motor new pump P4. Tegangan terendah sebesar 98,3% dan dapat kembali ke kondisi steady state pada detik ke 24.



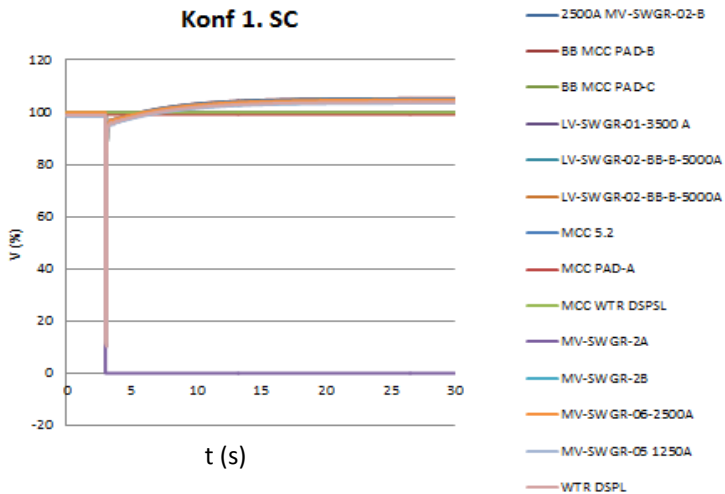
Gambar 4.38 Respon Frekuensi Saat Mode operasi MtrStart 2. Integrasi : Motor Start, CB Close ($t=3$ s)

Frekuensi pada sistem saat terjadi gangguan untuk mode operasi ini mengalami penurunan di setiap bus nya. Penurunan terjadi karena arus motor starting yang besarnya hampir 6In. Frekuensi bus terendah adalah sebesar 99,82%. Frekuensi mampu kembali ke kondisi steady state pada detik ke 15.

Untuk mode operasi motor starting new pump P4 600HP, sistem tidak mengalami masalah untuk starting motor dalam kondisi normal. Respon sistem yang paling bagus adalah menggunakan konfigurasi integrasi karena frekuensi penurunan frekuensi saat gangguan relatif lebih kecil.

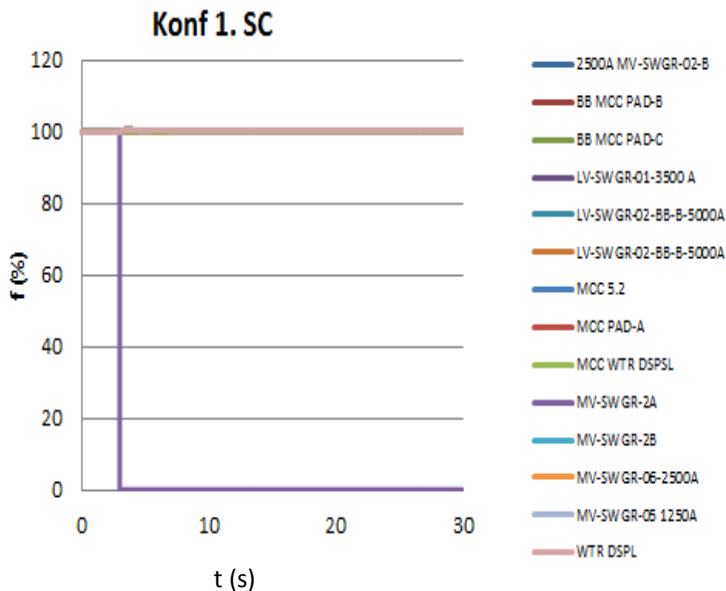
4.3.19 Mode operasi SHORTCIRCUIT. StandAlone : ShortCircuit ($t=3,0s$) CB open ($t=3,01s$)

Salah satu gangguan yang dapat menyebabkan sistem keluar dari batas stabil adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang paling sering terjadi. Dalam mode operasi ini akan disimulasikan dan dianalisa hubung singkat yang terjadi pada motor dan responnya terhadap sistem. Motor yang mengalami gangguan adalah motor S-PUMP PP-8300-A. Beban motor S-PUMP PP-8300-A disulang oleh bus 2500A-MV-SWGR-02-A untuk konfigurasi 1 dan 2500A-MV-SWGR-02-B. Pada ksus ini motor diberi gangguan dan akan dilihat tegangan di bus penyulang motor 2500A-MV-SWGR-02-A dan 2500A-MV-SWGR-02-B dan bus terdekat.



Gambar 4.39 Respon Tegangan Saat Mode operasi SHORTCIRCUIT. StandAlone : ShortCircuit ($t=3s$) CB open ($t=3,1s$)

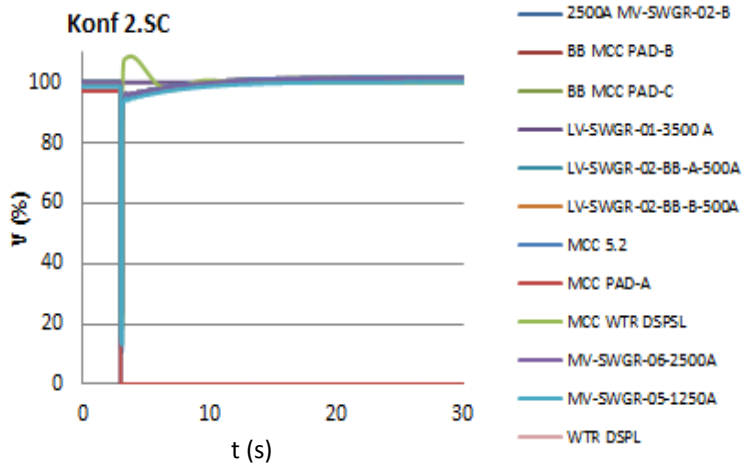
Pada mode operasi ini sistem mengalami gangguan short circuit 3 fasa pada bus 2500A-MV-SWGR-02-A dan 2500A-MV-SWGR-02-B



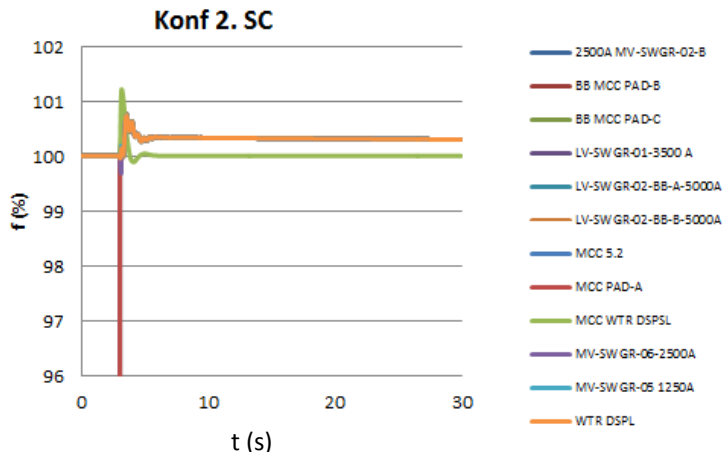
Gambar 4.40 Respon Frekuensi Saat Mode operasi SHORTCIRCUIT. StandAlone : ShortCircuit ($t=3s$) CB open ($t=3,1s$)

Untuk mengembalikan agar sistem kembali normal maka pada detik ke 3,01 CB di open. Berdasarkan data simulasi dapat disimpulkan bahwa respon frekuensi, tegangan, dan sudut rotor kembali stabil dan telah memenuhi standar dari *abnormal frequency*. Standar respon tegangan dari sistem masih diizinkan karena berada dalam range -10% dan +5%

4.3.20 Mode operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : *ShortCircuit* ($t=3s$) CB open ($t=3,01s$)



Gambar 4.41 Respon Tegangan Saat Mode operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit ($t=3s$) CB open ($t=3,01s$)



Gambar 4.42 Respon frekuensi pada saat Mode operasi SHORTCIRCUIT. Integrasi : ShortCircuit ($t=3s$) CB open ($t=3,01s$)

Hubung singkat yang terjadi pada bus 2500A-MV-SWGR-02-B untuk konfigurasi integrasi dan bus MV-SWGR-2-A untuk konfigurasi stand almenyebabkan frekuensi pada bus yang mengalami gangguan menyentuh nilai 0%. sehingga apabila terjadi hubung singkat pada bus ini maka beban-beban yang berada dibawahnya terpaksa akan ikut mati.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pada kasus lepasnya generator CNT TRBN 2, generator G102-D , generator ONAN DIESEL pada konfigurasi standalone mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil. Untuk mengembalikan kestabilan sistem, untuk lepasnya satu generator memerlukan pelepasan beban 2 tahap dengan total beban 1,4 MW untuk lepasnya CNT 2, dan 1 tahap dengan total beban 0,6MW untuk lepasnya ONAN DIESEL.
- Pada kasus lepasnya generator CNT TRBN 2, generator G102-D , generator CNTR TRBN 2 dan CNTR TRBN pada konfigurasi integrasi mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil karena jumlah beban yang ditanggung pembangkit lebih besar dari kapasitas pembangkit.
Untuk mengembalikan kestabilan sistem, untuk lepasnya satu generator memerlukan pelepasan beban 1 tahap dengan beban yang dilepas sebesar 0,9MW untuk kasus lepasnya CNT TRBN 2 dan 0,6MW untuk kasus lepasnya G102-D.
- Pada kasus hubung singkat saat konfigurasi integrasi jika bus 2500A-MV-SWGR-02-B mengalami hubung singkat maka bus MCC PAD A yang berada di bawahnya akan ikut terkena gangguan.
- Pada kasus hubung singkat saat konfigurasi belum terintegrasi jika bus MV-SWGR-2-A mengalami hubung singkat 3 phasa bus BB MCC PAD C, BB MCC PAD B, MV-SWGR-2-B, mengalami voltage sagging dengan tegangan terendah mencapai 11%..
- Pada kasus *motor starting* tidak terlalu berpengaruh pada stabilitas sistem.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan setelah melakukan analisis adalah sebagai berikut :

- Untuk kasus lepasnya 2 generator pada konfigurasi *integrasi* diperlukan pelepasan beban hingga 2 tahap dengan melepas 20% (1,46 MW) untuk menyeimbangkan pembangkitan dan beban
- Sistem kelistrikan menjadi lebih baik dan handal dalam hal respon sistem dalam menghadapi gangguan dilihat dari respon frekuensi dan tegangan jika menggunakan konfigurasi *integrasi*.
- Adanya gangguan hubung singkat pada bus utama dapat menyebabkan penurunan frekuensi yang besar di sekitar daerah gangguan, maka perlu adanya perhatian khusus agar tidak terjadi hubung singkat di bus 2500A-MV-SWGR-02-B untuk konfigurasi *integrasi* dan bus MV-SWGR-2-A untuk konfigurasi *stand alone*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, H., “*Power System Analysis*”, McGraw-Hill, Inc, 1999.
- [2] Kundur, P., “*Power System Stability and Control*”, McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [3] Marsudi, Djiteng, “*Operasi Sistem Tenaga Listrik*”, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2006.
- [4] Penangsang, Ontoseno.”Kestabilan Sistem Tenaga Listrik” *Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2*, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [5] Stevenson, W.D., Jr, “*Power System Analysis*”. McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [6] Charles Concordia , Lester H. Fink & George Poullickas, “ Load Shedding on an Isolated System “,*Power System, IEEE Transaction*, vol. 10, no,3, pp.1467-1472, 1995.
- [7] Pasific Gas and Electric Company, “*Voltage Sag Immunity Standards SEMI-F47 and F42*”, Power Quality Bulletin, 2007
- [8] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 03 Tahun 2007 tentang “Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa-Madura-Bali”.
- [9] ANSI/IEEE C37.106-1987, “*IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*”..

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Denny Yusuf Sepriawan, dilahirkan di Semarang 3 September 1991. Penulis memulai pendidikan di SDN Sompok, melanjutkan ke SMP Negeri 2 Semarang. Setelah itu penulis melanjutkan studi di SMAN 5 Semarang. Dan melanjutkan ke jenjang perkuliahan dimulai dari D3 Teknik Elektro UNDIP pada tahun 2009. Setelah menyelesaikan program D3 ditahun 2012 penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 melalui program Lintas Jalur di Teknik Elektro ITS bidang studi sistem tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui email personal.dennyusuf@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan